



Juhani Lahdenperä

ASKELMÄÄRÄN MITTAUS RANTEESSA PIDETTÄVÄN  
KIIHTYVYYSSANTURIN AVULLA

# ASKELMÄÄRÄN MITTAUS RANTEESSA PIDETTÄVÄN KIIHTYVYYSANTURIN AVULLA

Juhani Lahdenperä  
Opinnäytetyö  
30.5.2011  
Hyvinvointiteknologian koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

# OULUN SEUDUN AMMATTIKORKEAKOULU

## TIIVISTELMÄ

Koulutusohjelma

Hyvinvointiteknologia

Opinnäytetyö

Opinnäytetyö

Sivuja

62

+

+

Liitteitä

9

Suuntautumisvaihtoehto

Sairaaleknologia

Aika

2011

Työn tilaaja

Polar Electro Oy

Työn tekijä

Juhani Lahdenperä

Työn nimi

Askelmäärän mittaus ranteessa pidettävän kiihtyvyysanturin avulla

Avainsanat

Askelmäärä, askelmäärän mittaus, kiihtyvyysanturit, mittausmenetelmät

Opinnäytetyössä tutkittiin askelmäärän mittausta ranteessa pidettävään kiihtyvyysanturiin perustuen. Työn tavoitteena oli määrittää kiihtyvyysanturin dataa käsittelevään algoritmiin kertoimet, joilla eritasoisten fyysisten aktiviteettien suorituksista voidaan laskea suorituksen aikana kertynyt askelmäärä.

Kertoimien määrittämisessä käytetty kiihtyvyysanturin data kerättiin mittaamalla testihenkilöitä eri aktiviteeteissa. Mitattavia aktiviteetteja olivat siivous, pyöräily, sulkapallo, juoksumatolla kävely ja juoksu sekä salibandy. Siivousaktiviteetissa suoritettavia tehtäviä olivat tiskikoneen täyttö ja tyhjennys, imurointi, lattian luutuaminen ja pölyjen pyyhkiminen. Mittauksissa kerättiin dataa kahdella kiihtyvyysanturilla, aktiivisuusmittarilla sekä askelmittarilla. Lisäksi mittaustilanteet kuvattiin videokameralla.

Työn tuotoksena määritettiin kertoimet, joiden avulla rannelaitteen antama lukema saadaan muutettua askelmääräksi. Tulosten analysoinnissa löydettiin myös aktiviteetin taajuuden ja intensiteetin sekä henkilön pituuden ja painon mahdollisia vaikutuksia kertoimeen. Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että askelmittaria voidaan pitää ranteessa, kunhan kiihtyvyysdataa käsittelevä algoritmi on hyvin laadittu. Ranteessa pidettävä askelmittari laskee askelmäärän hyvällä tarkkuudella.

# SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ.....	3
SISÄLTÖ.....	4
1 JOHDANTO .....	6
2 ASKELMÄÄRÄ JA FYYSINEN AKTIIVISUUS OSANA TERVEYTTÄ.....	7
2.1 Kävely osana terveysliikuntaa .....	7
2.2 Fyysinen aktiivisuus ja energiankulutus.....	8
2.3 Päivittäinen askelmäärä .....	10
2.4 Askeleen vaiheet ja yläraajojen myötäliikkeet .....	11
3 KIIHTYVYYS JA MATEMAATTISET APUKEINOT .....	14
3.1 Kiihtyvyyden määritelmä.....	14
3.2 Kiihtyvyyden mittaaminen.....	15
3.3 Keskiarvo ja keskihajonta .....	17
3.4 Korrelaatio .....	17
4 MITTAUKSISSA KÄYTETYT LAITTEET .....	19
4.1 Mittauslaitteisto.....	19
4.2 Mittalaitteiden käyttötarkoitus ja sijoittelu.....	20
5 SUORITETUT MITTAUKSET .....	23
5.1 Mittausten suunnittelu.....	23
5.1.1 Mittalaitteiden synkronointi .....	24
5.1.2 Suoritettavien aktiviteettien valinta .....	25
5.2 Pilottimittaukset .....	26
5.3 Mittausten läpivienti aktiviteeteittain .....	26
5.3.1 Siivous.....	26
5.3.2 Sulkapallo.....	27
5.3.3 Salibandy .....	28
5.3.4 Pyöräily .....	28
5.3.5 Juoksumatto .....	29
6 MITTAUSTULOKSET JA NIIDEN KÄSITTELY.....	31
6.1 Mittaustulokset .....	31
6.2 Mittauksissa kerätyn datan esikäsittely.....	32
6.3 Askelmäärän laskeminen videolta .....	33
6.4 Countien määrittäminen kiihtyvyydatasta .....	34

6.5 Aktiviteettikohtaisen kertoimen määrittäminen .....	35
6.6 Suorituksen taajuus ja säännöllisyys .....	35
7 MITTAUSTULOSTEN ANALYSOINTI .....	37
7.1 Aktiviteettien ominaisuudet kiihtyvyysdatassa .....	37
7.2 Aktiviteettikohtaiset kertoimet ja niihin vaikuttavat tekijät.....	41
7.3 Kiihtyvyyden kynnysarvojen vaikutus kertoimeen.....	47
7.4 Taajuuden ja säännöllisyyden vaikutukset .....	49
7.5 Koehenkilön pituuden ja painon vaikutukset.....	54
7.6 Rannelaitteen tulokset verrattuna muihin laitteisiin.....	54
8 YHTEENVETO.....	57
LÄHTEET .....	59
LIITTEET .....	62

# 1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena oli perehtyä askelmäärän mittaamiseen ranteessa pidettävän kiihtyvyysanturin avulla ja etsiä askelmäärän mittaamiseen vaikuttavia tekijöitä. Yleensä askelmittarit ovat erillisiä laitteita, joita kannetaan joko taskussa tai vyötäröllä, ja niiden toiminta perustuu askelten aiheuttamien tärähdysten tunnistamiseen. Rannemittauksen periaate on tunnistaa askeleet käsien myötäliikkeiden perusteella. Ranteessa pidettävään kiihtyvyysanturiin perustuva askelmittari voitaisiin liittää jo olemassa oleviin laitteisiin, kuten esimerkiksi sykemittariin.

Työn taustalla oli Polar Electro Oy:n aktiivisuusmittari ja siihen kuuluva askelmittari. Tarkoitus oli tarkentaa askelmäärän mittaavan algoritmin muuttujia sopimaan eritasoisten fyysisten aktiviteettien aikana kertyneiden askelmäärien laskemiseen. Algoritmin tutkimista varten tarvittavan kiihtyvyysdatan keräämiseksi tehtiin mittauksia kuormittavuustasoltaan erilaisissa aktiviteeteissa. Mitattuja aktiviteetteja olivat siivous, sulkapallo, salibandy, pyöräily sekä juoksumatolla käveleminen ja juokseminen. Mittaustilanteissa dataa kerättiin kahdella kiihtyvyysanturilla, askelmittarilla ja aktiivisuusmittarilla, sekä pyöräilyä lukuun ottamatta myös videokameralla.

Työn tuloksena saatiin määritettyä eri tekijöitä, jotka vaikuttavat askelmäärän mittaamiseen. Lisäksi aktiviteeteille määritettiin omat muuttujien arvot, joilla askelmäärä saadaan laskettua. Saadut muuttujat liitettiin osaksi askelmäärän laskettavaa algoritmia ja näin ollen lasketun askelmäärän tarkkuus parani.

## **2 ASKELMÄÄRÄ JA FYYSINEN AKTIIVISUUS OSANA TERVEYTTÄ**

### **2.1 Kävely osana terveystoimintaa**

Kävely sopii kaikille ja on turvallinen liikuntamuoto. Kävelyssä kehon suuret lihakset alaraajoissa, lantiossa, keskivartalossa ja yläraajoissa työskentelevät yhtäjaksoisesti. Kävely on kestävyysliikuntaa, joka vaikuttaa pääasiassa hengitys- ja verenkiertoelimistön kuntoon. Kävely kuluttaa energiaa ja on siksi hyvä keino painon hallintaan. Kävelyn energiankulutus riippuu kävelyvauhdista ja painosta. Kilometrin matkalla kävely kuluttaa noin 1 kcal energiaa jokaista painokiloa kohden. Jo tavallinen kävelyvauhti nostaa kehon perusaineenvaihdunnan kolminkertaiseksi lepotilaan verrattuna. (1, s. 426–247, 436.)

Säännöllisen kestävyystyyppisen liikunnan, kuten reippaan kävelyn, suoja sydänsairauksien ehkäisyssä on osoitettu selvästi useissa isoissa väestötutkimuksissa. Tämä liittyy saavutettuihin hyötyihin ateroskleroosin, kohonneen verenpaineen ja ylipainon ehkäisyssä. Vähentyneen sydänkuolleisuuden ja kävelyn yhteys miehillä on osoitettu säännöllisellä noin 15 kilometrin viikkoannoksella ripeää kävelyä. (1, s. 440.)

UKK-instituutin kehittämä liikuntapiirakka (kuva 1) vuodelta 2009 on kuvallinen malli liikuntasuosituksista, jotka vaikuttavat kestävyyskuntoon. Kestävyyskuntoon vaikuttavat aktiivisuusmuodot on jaettu kohtuullisesti kuormittavaan ja raskastavaan kuormitustasoon. Keskiosa liikuntapiirakasta kuvaa lihaskuntoa ja liikehallintaa parantavia liikuntamuotoja. Yläosa liikuntapiirakasta kuvaa perusliikuntaa, joka monesti liittyy hyötyliikunnan osa-alueisiin, kuten työmatkaliikunta, marjastus tai lasten kanssa vauhdikkaasti leikkiminen. Alaosan liikuntasuositukset kuuluvat niin sanottuihin aktiiviliikkumisen osa-alueisiin. (2, s. 73.)



KUVA 1. Liikuntapiirakka 2009 (3)

## 2.2 Fyysinen aktiivisuus ja energiankulutus

Ihminen kuluttaa energiaa jatkuvasti ja päivittäinen energiantarve riippuu kulutetun energian määrästä. Tästä syystä terveysliikunnan kannalta tärkeää onkin ymmärtää liikunnan kuormittavuuden yhteys energiankulutukseen. Energian saannin ja energiankulutuksen tarkkailu korostuu varsinkin painonhallinnassa. Laihduttamisen nyrkkisääntönä pidetään yleisesti, että päivittäisen energiankulutuksen tulee ylittää ravinnosta saadun energian määrä. (4, s. 23.)

Tärkeimmät päivittäiseen energiankulutukseen vaikuttavat tekijät ovat päivän aikana suoritettujen aktiviteettien kuormittavuus ja kesto sekä kehon paino. Markkinoilla olevien, energiankulutuksen laskevien laitteiden lisäksi päivittäistä energiankulutusta voidaan arvioida MET-arvojen avulla. MET-arvot ilmaisevat erilaisten fyysisten aktiviteettien aiheuttamaa energiankulutusta verrattuna lepo-tilan energiankulutukseen (taulukot 1 ja 2).



TAULUKKO 1. Aktiviteetin kuormittavuutta vastaavat MET-arvot (4, s. 24)

Kuormittavuus	Esimerkki	MET
Fyysinen passiivisuus	Istuminen	1–2
Kevyt	Hidas kävely	2–3
Kohtalainen	Reipas kävely	3–6
Raskas	Hölkä	6–10
Erittäin raskas	Juoksu	>11

TAULUKKO 2. Eri aktiviteettien MET-arvoja sekä energian kulutus 80 kg painavalla henkilöllä. (4, s. 29–30)

Aktiviteetti	MET	Energiankulutus, kcal/h (80 kg)
Kevyt siivoaminen (imurointi, pölyjen pyyhkiminen)	2,5	201
Kävely (<3 km/h – 6 km/h)	3–4	161–321
Sulkapallo	4,5–7	361–562
Pyöräily (16 km/h – 31 km/h)	6–12	482–964
Juoksu (8 km/h – 12 km/h)	8–12	624–964

Lepotilassa (1 MET) ihminen kuluttaa noin yhden kilokalorin jokaista kehon painokiloa kohden, joten päivittäisten aktiviteettien aikana kulutetun energian määrä voidaan laskea MET-arvojen avulla kaavalla 1 (4, s. 23–24.):

$$E = MET \times m$$

KAAVA 1

$E$  = energiankulutus (kcal/h)

$MET$  = tehdyn aktiviteetin MET –luku

$m$  = kehonpaino (kg)

### 2.3 Päivittäinen askelmäärä

Jokainen otettu askel kuluttaa energiaa, joten terveydelle hyödylliseksi liikunnaksi voidaan laskea myös kaikki arkipäivään kuuluvat askareet, kuten siivous, lumen luonti ja kaupassa käynti kävellen tai pyörällä (5). Tämän vuoksi päivittäisen askelmäärän tarkkaileminen on hyödyllistä.

Suosituksot päivittäisistä tavoiteaskelmääristä vaihtelevat eri lähteiden mukaan. Nykyiset suositukset riittävistä askelmääristä perustuvat askelmittareilla saatuihin askelmääriin. Eri askelmittareilla saadut tulokset eivät kuitenkaan aina ole vertailukelpoisia keskenään. Esimerkiksi erään tutkimuksen mukaan ActiGraph-aktiivisuusmittari tunnisti vuorokaudessa noin 1800 askelta vähemmän kuin Yamax-askelmittari. (6, s. 1389.) Monessa yhteydessä päivittäisen askelmäärän tavoitteeksi on ilmoitettu 10 000 askelta, ja esimerkiksi tässäkin tutkimuksessa käytetty Omron Walking Style III -askelmittari ilmoittaa käyttäjälle 10 000 askeleen tultua täyteen. Aittasalon ja Vasankarin (7, s. 203) mukaan terveyden edistämässä tavoiteaskelmääräksi ei sovi yksi yleinen lukema, vaan tavoite voitaisiin asettaa lisäämällä tietty määrä askeleita henkilön tavanomaiseen päivittäiseen askelmäärään.

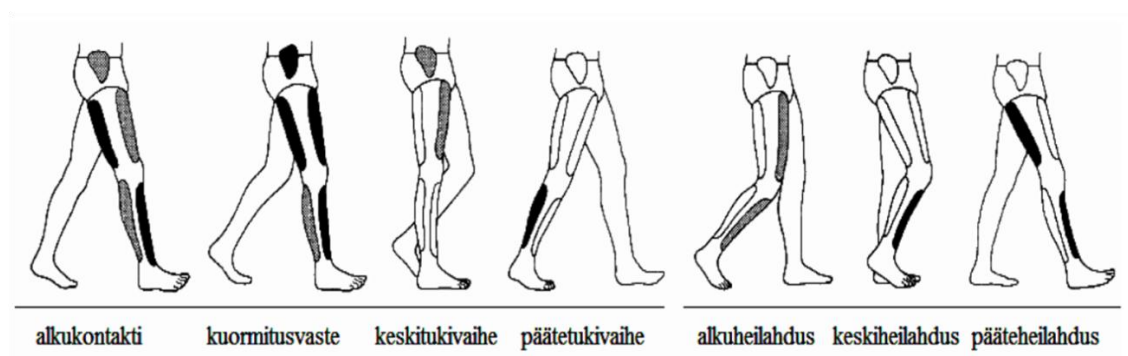
Päivittäistä aktiivisuutta voidaan arvioida päivittäisiin askelmääriin pohjautuvilla aktiivisuustasoilla. Taulukossa 3 on esitetty esimerkki aktiivisuuden tasoista ja vastaavista askelmääristä.

TAULUKKO 3. Päivittäisen aktiivisuuden tasot askelmäärän perusteella (6, s. 1386)

Aktiivisuustaso	Päivittäinen askelmäärä
paikallaan pysyvä	<5000
vähän aktiivinen	5000–7499
jokseenkin aktiivinen	7500–9999
aktiivinen	10000–12499
erittäin aktiivinen	> 12500

## 2.4 Askeleen vaiheet ja yläraajojen myötäliikkeet

Kävely jakautuu useisiin eri vaiheisiin. Kävelyn vaiheiden terminologia riippuu tutkijasta. Suomessa perinteinen käytössä oleva nimistö sisältää seitsemän eri vaihetta joita ovat kantaisku, keskituki, kannan kohotus, varvastyöntö, alkuheilahdus, keskiheilahdus ja loppuheilahdus eli pääteheilahdus. Kuvassa 2 on kävelyn vaiheet jaettu J.R Gagen mukaan, mutta vaiheet vastaavat täysin suomalaista nimikkeistöä. (8, s. 158, 160.)



KUVA 2. Askeleen vaiheet (9, s. 6.)

Oikean alaraajan askelsyklin ensimmäinen vaihe on kantaisku, jolloin kantapää osuu alustalle. Oikean jalan kantaiskun aikana, vasen käsivarsi on ojennettuna eteenpäin. (8, s. 180, 195.)

Keskitukivaiheessa jalka pysyy alustassa koko vaiheen ajan. Keskitukivaihe on pitkän keston vuoksi jaettu varhaiseen ja myöhäiseen keskitukivaiheeseen. Oikean jalan keskitukivaiheen aikana kehon painopiste siirtyy eteenpäin tukijalan yli ja vasen jalka heilahtaa eteenpäin. Oikean jalan varhaisessa keskitukivaiheessa käsivarret ovat vartalon sivuilla. Tällöin oikean yläraajan liikesuunta on eteenpäin ja vasemman taaksepäin. (8, s. 195, 200–201.)

Keskitukivaihetta seuraava askeleen vaihe on päätöstukivaihe eli kannankohotusvaihe. Oikean jalan kannankohotuksessa käsivarret ovat ääriasennoissaan, oikea edessä ja vasen takana. (8, s. 205–208.)

Esiheilahdus eli varvastyöntö aloittaa alaraajan eteenpäin suuntautuvan liikkeen. Oikean jalan varvastyönnön aikana oikea yläraaja aloittaa liikkeensä taaksepäin ja vasen eteenpäin. (8, s. 213, 215.)

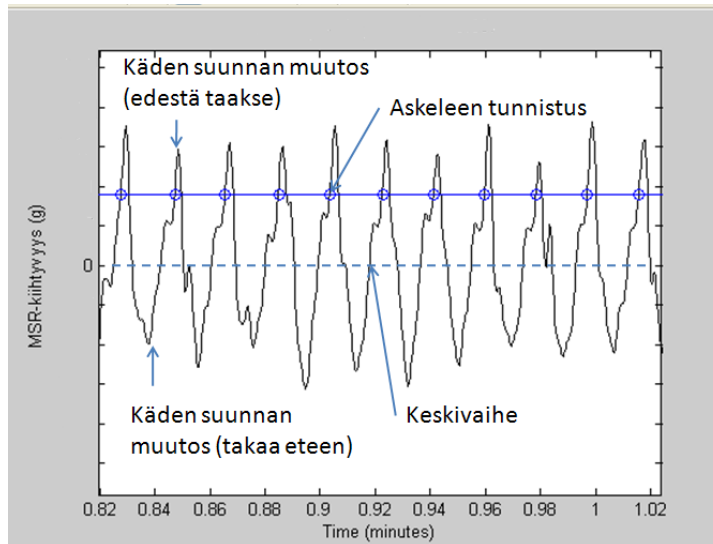
Vapaan heilahduksen vaihe alkaa jalan irrottua alustasta. Vaihe jakautuu alku-, kesi- ja päätösheilahduksiin. Alkuheilahduksessa käsivarret ovat vartalon sivuilla. (8, s. 219.)

Keskiheilahdus alkaa, kun heilahtava jalka on tukijalan vieressä. Vaiheen aikana yläraajojen myötäliikkeet kasvavat. Oikean jalan heilahtaessa eteen oikea käsivarsi heilahtaa taakse ja vasen eteen. (8, s. 220–221.)

Loppuheilahduksessa sääri on pystysuorassa asennossa ja heilahtava jalka osuu lopulta alustalle. Tässä vaiheessa jalan askeleen sykli tulee päätökseen. Oikean jalan loppuheilahduksessa käsivarret ovat ääriasennoissaan, oikea takana ja vasen edessä. (8, s. 222–223.)

Mittauksissa kiihtyvyyssanturin y-akseli mittasi käsivarren taaksepäin suuntautunutta kiihtyvyyttä. Kiihtyvyyssanturin datassa käsivarren liikkeet kävelyssä näkyvät kuvan 3 osoittamalla tavalla. Käsivarren ollessa noin vartalon keskikohdalla liikkeessä takaa eteenpäin käden nopeus on suunnilleen vakio. Tällöin kokonaiskiihtyvyys on nollassa (kuvassa keskivaihe). Tämän jälkeen käsivarren

eteenpäin suuntautunut nopeus laskee eli kiihtyvyys y-akselin suuntaan kasvaa. Käden liikesuunnan muuttuessa kiihtyvyys y-akselin suuntaan on suurimmillaan. Sama tapahtuu käänteisesti käden liikkeessä taakse ja vaihtaessa suuntaa. Askel tunnistetaan juuri ennen käden liikesuunnan muutosta käden ollessa edessä.



*KUVA 3. Käsivarsien liikkeet kiihtyvyyssanturin y-akselin suuntaisessa datassa*

## 3 KIIHTYVYYS JA MATEMAATTISET APUKEINOT

### 3.1 Kiihtyvyyden määritelmä

Newtonin toisen lain mukaan, kun kappaleeseen vaikuttavien voimien resultantti ei ole nolla, kappale on kiihtyvässä liikkeessä. Kiihtyvyys kuvaa siis kappaleen nopeuden muutosta ajan funktiona. Kiihtyvyys on vektorisuure, eli sillä on suunta, joka on kiihtyvyyden aiheuttaneen resultanttivoiman suuntainen. Kiihtyvyyttä kutsutaan lineaariseksi silloin, kun kiihtyvyyden suunta pysyy vakiona. Kiihtyvyyden arvot voivat olla sekä positiivisia että negatiivisia, mikä kertoo nopeuden muutossuunnan. Kiihtyvyyden arvon ollessa negatiivinen kappaleen nopeus pienenee. (10, s. 94.)

Kiihtyvyyden yksikkö SI-järjestelmässä on  $\text{m/s}^2$ . Kiihtyvyys saadaan laskettu kappaleen massasta ja kappaleeseen kohdistuvasta voimasta Newtonin toisen lain perusteella (kaava 2). (10, s. 94.)

$$\vec{F} = m\vec{a}, \quad \text{KAAVA 2}$$

josta saadaan kiihtyvyydelle

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

$F$  = kokonaisvoima

$m$  = kappaleen massa

$a$  = kokonaiskiihtyvyys

Koska kiihtyvyys kuvaa nopeuden muuttumista ajan funktiona, voidaan kiihtyvyys kuvata myös nopeuden derivaattana ajan suhteen. Näin saadaan hetkellinen kiihtyvyys. (Kaava 3.) (10, s. 49.)

$$a = \frac{dv}{dt}$$

KAAVA 3

$v$  = kappaleen nopeus

$t$  = aika

Maanpallolla kappaleisiin vaikuttaa maan vetovoima, joka aiheuttaa kappaleelle putoamiskiihtyvyyden. Putoamiskiihtyvyys on vakiosuure, jonka arvo on noin  $9,81 \text{ m/s}^2$ . Kiihtyvyyttä mittaavissa menetelmissä käytetään usein kiihtyvyyden yksikköinä G-yksiköitä, jotka kuvaavat putoamiskiihtyvyyden kerrannaisia ( $1 \text{ G} = 9,81 \text{ m/s}^2$ ). (10, s. 61.)

### 3.2 Kiihtyvyyden mittaaminen

Kiihtyvyyttä voidaan mitata mittaamalla kappaleen nopeuden muutos ja jakamalla mittaustulos käytetyllä ajalla (kaava 4). Tällöin puhutaan keskikihtyvyydestä.

$$a_k = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

KAAVA 4

$\Delta v$  =nopeuden muutos

$\Delta t$  = käytetty aika

Todellisuudessa käytännöllisempi tapa mitata kiihtyvyyttä on kiihtyvyysantureiden käyttö mittaustilanteissa. Kiihtyvyysantureiden toimintaperiaate perustuu edellä mainittuun Newtonin toiseen lakiin (kaava 2). Kiihtyvyysanturi koostuu anturin rungosta, seismisestä massasta, jousesta sekä vaimentimesta (kuva 4). Anturin runkoon kohdistunut ulkoinen voima aiheuttaa rungolle kiihtyvyyden ja rungon liiketila muuttuu. Rungon sisällä oleva massa pyrkii vastustamaan liiketilän muutosta, jolloin massa kiinnitettyyn jouseen aiheutuu poikkeuma eli jousi venyy. Jousen venymä riippuu ulkoisen voiman määrästä sekä jousivakiosta. (11, s. 135.)

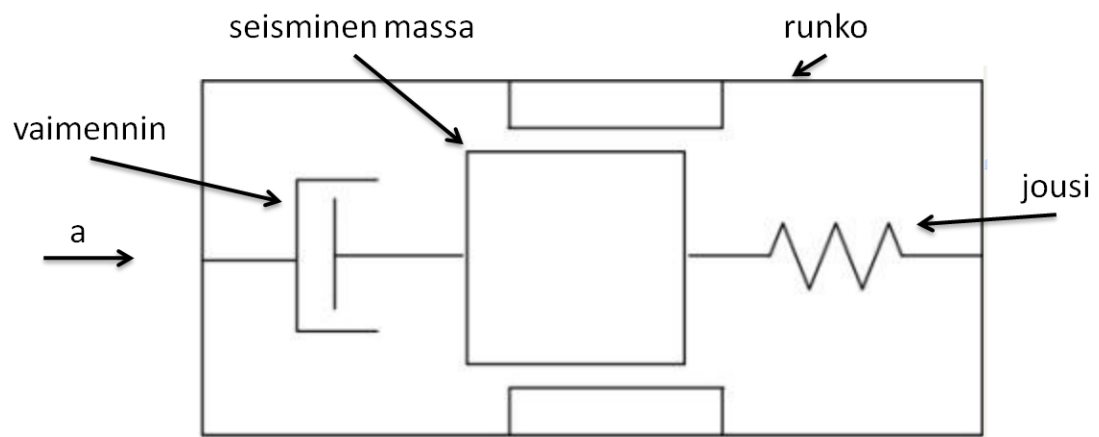
$$F_j = -kx$$

KAAVA 5

$F_j$  = jouseen kohdistunut voima

$k$  = jousivakio

$x$  = jousen poikkeuma



KUVA 4. Kiihtyvyysanturin rakenne. (12.)

Ulkoisen resultanttivoiman palatessa nolaksi kiihtyvyys loppuu ja jousi palauttaa massan alkuperäiseen asemaansa. Vaimentimen tehtävä on kiihtyvyysanturin stabiilisuuden ja vasteen parantaminen. (12.)

Kiihtyvyyden voimakkuuden määrittäminen perustuu voiman aiheuttamien jousen poikkeumien havaitsemiseen. Kiihtyvyysanturit luokitellaan muutoksen havaitsemisessa käytetyn menetelmän mukaan. Seuraavassa on lueteltuna kiihtyvyysanturityyppejä (11, s. 135–137):

- induktiivinen kiihtyvyysanturi
- kapasitiivinen kiihtyvyysanturi
- pietsosähköinen kiihtyvyysanturi
- potentiometrinen kiihtyvyysanturi



- reluktiivinen kiihtyvyyssanturi
- venymäliuskakiihtyvyyssanturi.

### 3.3 Keskiarvo ja keskihajonta

Keskiarvo ja keskihajonta ovat tilastomatematiikan perusmenetelmiä, joita käytetään tarkasteltaessa lukujoukkoja. Lukujoukon keskiarvo saadaan summaamalla lukujoukon alkiot keskenään ja jakamalla saatu summa lukujoukon alkioiden lukumäärällä. Keskihajonta puolestaan kuvaa lukujoukon arvojen poikkeamaa lukujoukon keskiarvosta. Toisin sanoen keskihajonta ilmaisee, kuinka lähelle toisiaan lukujoukon luvut sijoittuvat. Keskihajonta saadaan laskettua kaavalla 6. (13.)

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

KAAVA 6

$\bar{x}$  = lukujoukon keskiarvo

$n$  = alkioiden lukumäärä

### 3.4 Korrelaatio

Korrelaatio kuvaa kahden muuttujan välistä riippuvuuden astetta. Mikäli korrelaatio on suurta, voidaan toisen muuttujan arvoista päätellä toisen muuttujan arvot. Vastaavasti korrelaation ollessa heikkoa kyseisten muuttujien arvot eivät ole toisistaan riippuvaisia. (14.)

Yleisimmin korrelaation kuvaamisessa käytetty tunnusluku on Pearsonin tulo-momenttikorrelaatiokerroin ( $r$ ). Se kuvaa vähintään kahden muuttujan välistä lineaarista riippuvuutta. Pearsonin korrelaatiokerroin saadaan laskettua kaavalla 7. (14.)

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n s_x s_y}$$

KAAVA 7

$n$  = lukuparien määrä

$x_i, y_i$  = lukuparien arvot

$\bar{x}, \bar{y}$  = lukuparien keskiarvot

$s_x, s_y$  = lukuparien keskihajonnat

Korrelaatiokertoimen arvo vaihtelee  $-1:n$  ja  $+1:n$  välillä. Mikäli saadun korrelaatiokertoimen arvo on tasan  $-1$  tai  $+1$ , tarkasteltujen muuttujien välillä on täydellinen lineaarinen riippuvuus ja muuttujien arvot esiintyvät kuvaajassa samalla viivalla. Usein muuttujien välistä riippuvuutta kuvataan  $r^2$ -arvolla, joka on korrelaatiokertoimen neliö. Taulukossa 4 on esitetty korrelaation merkitsevyys korrelaatiokertoimen eri arvoilla.

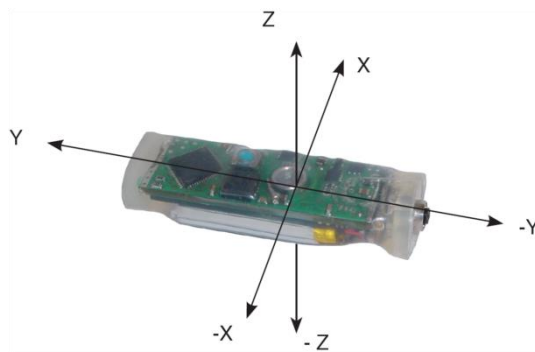
TAULUKKO 4. Korrelaatiokertoimien merkitsevyys (15)

Korrelaatiokerroin	Korrelaatiokertoimen neliö	Merkitsevyys
0,0–0,1	0,00–0,01	erittäin pieni, käytännössä nolla
0,1–0,3	0,01–0,09	pieni
0,3–0,5	0,09–0,25	kohtalainen
0,5–0,7	0,25–0,49	suuri
0,7–0,9	0,49–0,81	erittäin suuri
0,9–1,0	0,81–1,00	lähes täydellinen tai täydellinen

## 4 MITTAUKSISSA KÄYTETYT LAITTEET

### 4.1 Mittauslaitteisto

Data logger MSR 145W (kuva 5) on mittalaite, jolla voidaan mitata viittä fysikaalista muuttujaa: kosteus, lämpötila, paine, valo sekä kiihtyvyys (16). Mittauksissa käytettiin ainoastaan laitteen kiihtyvyysanturia ja tarkasteltiin ainoastaan laitteen y-akselin suuntaista kiihtyvyyttä. Näytteenottotaajuus asetettiin 50 Hz:iin. Liitteessä 1 on esitetty laitteen tekniset tiedot.



KUVA 5. Data logger MSR 145W (16)

ActiGraph GT3X-aktiivisuusmittari (kuva 6) mittaa erilaisia fyysistä aktiivisuutta kuvaavia suureita, kuten aktiivisuuden määrä (activity counts), energiankulutus, askelmäärä, aktiivisuuden intensiteetti ja aktiivisuuden MET-arvo (17). Tähän työhön liittyvässä mittauksissa mittaustuloksista käytettiin ainoastaan laitteen ilmoittamia askelmääriä.



*KUVA 6. ActiGraph GT3X -aktiivisuusmittari (17)*

Mittauksissa käytettiin myös Omron Walking Style III -askelmittaria (kuva 7) ja erityisesti sen liikuntatila-toimintoa. Liikuntatila-toiminnolla saadaan mitattua tietyn ajanjakson, kuten liikuntasuorituksen, aikana kertynyt askelmäärä.



*KUVA 7. Omron Walking Style III -askelmittari (18)*

Mittauksilanteet kuvattiin Sony DCR-SR50E -videokameralla. Kuvatut videotallenteet tallentuivat sisäiselle 30 gigatavun kiintolevyille, josta ne siirrettiin USB-liitännän kautta tietokoneelle.

## **4.2 Mittalaitteiden käyttötarkoitus ja sijoittelu**

Kaikissa mittauksissa käytettiin pääsääntöisesti samoja mittalaitteita. Poikkeuksena olivat pyöräilymittaukset, joissa videokameran sijaan käytettiin nilkassa pidettävää MSR 145W -mittalaitetta.

MSR 145W -mittalaitetta käytettiin kaikissa mittauksissa ei-dominoivan käden ranteessa. Laite saatiin kiinnitettyä ranteeseen kiinnittämällä se Polar Electron sykemittarin rannekkeeseen. Ranteessa pidettävän anturin tarkoitus oli kerätä

kiihtyvyyssdataa käden liikkeistä. Pyöräilyssä MSR 145W -mittalaite kiinnitettiin lisäksi oikean jalan nilkkaan. Nilkka-anturin tarkoitus oli tuottaa pyöräilyn aikana kertynyt polkimien pyörähdyslukumäärä kiihtyvyyssanturin datan perusteella. Nilkka-anturi oli kiinnitettynä pantaan, jossa oli tarranauhakiinnitys (kuva 8).



*KUVA 8. MSR-mittalaitteet puettuna päälle*

ActiGraph GT3X -aktiivisuusmittaria käytettiin kaikissa mittauksissa. Se kiinnitettiin vyöllä koehenkilön vyötärölle, oikean jalan keskilinjan kohdalle (kuva 9). Aktiivisuusmittarin tarkoitus työssä oli toimia vertailukohteena ranneanturin mitaustulosten analysoinnissa.



*KUVA 9. ActiGraph-aktiivisuusmittari sekä askelmittari puettuna*

Omron Walking Style III -askelmittaria käytettiin kaikissa mittauksissa. Askelmittaria pidettiin Omronin käyttöohjeiden mukaan joko vyötäröllä tai paidan sisällä kiinnitettynä paidan kaula-aukkoon. Askelmittarin tuottamia askelmäärien oli tarkoitus toimia vertailukohteena ranneanturin mittaustulosten analysoinnissa.

Mittauksissa kamera asetettiin jalustalle ja sijoitettiin siten, että koehenkilöiden jalat näkyivät koko suorituksen ajan. Mittauksissa kuvatuista videoista laskettiin suoritusten aikana kertyneet askelmäärät. Tätä askelmäärää käytettiin referenssinä ranneanturin mittaustulosten analysoinnissa.

## 5 SUORITETUT MITTAUKSET

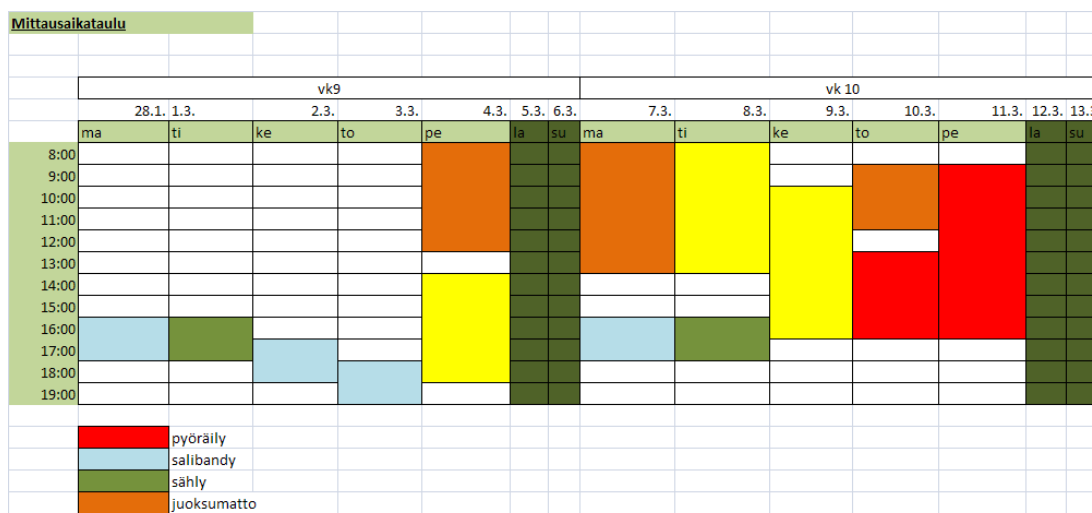
### 5.1 Mittausten suunnittelu

Mittaustulosten käsittelyn ja analysoinnin kannalta oli tärkeää, että mittaustilanteet olivat tarkoin suunniteltuja. Suurin haaste mittauksissa oli mittauksissa käytettyjen laitteiden synkronointi toistensa kanssa. Mittausten laadun varmistamiseksi laadittiin jokaista mittausta varten mittausprotokolla (liitteet 2–6), jota testattiin pilottimittauksella. Näin saatiin varmistettua mittaustulosten käyttökelpoisuus.

Mitattuja aktiviteetteja oli viisi ja jokaiseen aktiviteettiin tarvittiin useita koehenkilöitä. Ulkopuolisten koehenkilöiden rekrytointi olisi tuonut haasteita mittausaika-  
taulujen ja mittauspaikkojen suhteen, joten mittauksissa käytetyt koehenkilöt päädyttiin rekrytoimaan Polar Electro Oy:n henkilökunnasta. Koehenkilöryhmä koostui erikokoisista ja -ikäisistä miehistä ja naisista.

Tutkimussuunnitelman mukaisesti mittaukset oli tarkoitus järjestää viikoilla 9 ja 10. Mittausaika-  
taulujen suunnittelu aloitettiin mittauskalenterin laatimisella. Pilottimittauksissa saatiin arvio tarvittavista mittausajoista, jonka perusteella kahden viikon ajalle sijoittuvaan kalenteriin merkittiin mittausajat kullekin aktiviteetille.

Mittauskalenterin (kuva 10) mukaan laadittiin listat mittausajoista, jotka ilmoitettiin Polar Electro Oy:n sisäisen tiedottamisen kautta koehenkilöille. Koehenkilöt pystyivät varaamaan listasta heille parhaiten sopivan mittausajan. Koehenkilöt on esitetty liitteessä 7. Osa koehenkilöistä osallistui useamman aktiviteetin mittauksiin.



KUVA 10. Mittauskalenteri

### 5.1.1 Mittalaitteiden synkronointi

Mittauksissa dataa kerättiin neljällä eri mittalaitteella. Mittaustulosten käsittelyä ja analysointia varten eri laitteilla kerätyn datan täytyi olla yhdistettävissä aikatasossa. Tätä varten jokaiselle aktiviteetille laadittiin mittauspöytäkirja (liite 8), johon kirjattiin jokaisen suorituksen aloitus- ja lopetusaika sekunnin tarkkuudella.

MSR 145W -mittalaitteen sekä ActiGraph-aktiivisuusmittarin mittauksen käynnistys tapahtuu erillisillä tietokoneohjelmilla. Molempien laitteiden ohjelmat asettavat laitteen sisäisen kellon mittauksen käynnistämiseksi käytetyn tietokoneen kellon mukaan. Molempien laitteiden tietokoneohjelmissa mittauksen käynnistuksen yhteydessä määritettiin sekä mittauksen aloitus- että lopetusaika. Näin molempien laitteiden sisäiset kellot olivat samassa ajassa ja mittaukset alkoivat sekä loppuivat täsmälleen samaan aikaan.

Mittauksissa kuvatut videot saatiin yhdistettyä mittalaitteiden keräämään dataan rannekellon avulla. Rannekellon aika asetettiin samaan aikaan tietokoneen kellon kanssa, jolloin rannekellosta voitiin seurata mittausten käynnistymistä ja loppumista. Kuvatut videot saatiin yhdistettyä mittalaitteiden dataan sitten, että videolla näkyy joko rannekello ja aika tai mittausta valvonut henkilö heilauttaa



kättään merkiksi rannekellon ajan mukaan. Mittauksissa käytetty askelmittari nollattiin aina mittauksen alussa ja kertynyt askelmäärä kirjattiin mittauksen päätyttyä mittauspöytäkirjaan.

### **5.1.2 Suoritettavien aktiviteettien valinta**

Mittauksissa suoritettavien aktiviteettien valinnassa lähtökohtana oli tutkia intensiteetiltään ja liikeradoiltaan eritasoisia aktiviteetteja. Aktiviteetit oli alustavasti jaettu kahteen pääryhmään: vähäistä liikuntaa vaativat ja liikuntasuoritukset.

Vähäistä liikuntaa vaativien aktiviteettien tutkimisessa taustalla oli ranteessa pidettävän askelmittarin soveltuvuus päivittäisten askareiden aikana kertyneiden askelmäärien arviointiin. Tällä perusteella vähäistä liikuntaa vaativiksi aktiviteeteiksi valittiin tiskikoneen täyttö ja tyhjennys, imurointi, lattian luuttuaminen ja pölyjen pyyhkiminen. Valituille aktiviteeteille ominaiset liikeradat poikkeavat toisistaan, mikä tuo lisäarvoa mittaustulosten analysointivaiheeseen.

Mitattavien liikuntasuoritusten haluttiin olevan intensiteetiltään ja säännöllisyydeltään erilaisia. Tämän lisäksi mitattavien lajien haluttiin olevan sellaisia, joita muutkin kuin aktiiviurheilijat voivat harrastaa. Sulkapallo ja salibandy ovat yleisiä kuntoliikuntaharrastuksia, joten nämä kaksi valittiin epäsäännöllisemmän rytmin omaaviksi lajeiksi. Lenkkeily on rytmiltään säännöllistä ja suuri osa ihmisistä kuntoilee lenkkeilemällä. Tämän vuoksi yhdeksi mitattavaksi aktiviteetiksi päätettiin ottaa kävely ja juoksu. Mittaustilanteen valvomisen helpottamiseksi ja ulkoisten tekijöiden vaikutusten minimoimiseksi mittaukset päätettiin suorittaa juoksumatolla.

Pyöräily on erittäin yleinen hyötyliikunnan muoto, joten se otettiin mukaan mittauksiin. Pyöräily on rytmiltään säännöllistä, mutta kävelystä ja juoksusta poiketen käden liikkeet ovat huomattavasti pienempiä. Vaikka pyöräilyssä ei varsinaisesti askeleita kerrykään, haluttiin tutkia, voidaanko kertynyt polkimien pyörähdysmäärä laskea käden liikkeet mittaavan kiihtyvyysanturin datan perusteella.

## **5.2 Pilottimittaukset**

Ennen varsinaisten mittausten suorittamista mittausten suunnitteluvaiheessa laaditut protokollat testattiin pilottimittauksilla. Pilottimittaukset järjestettiin samoissa paikoissa varsinaisten mittausten kanssa, jotta mittausympäristön toimivuus saataisiin myös testattua. Pilottimittauksissa havaitut virheet ja puutteet kirjattiin ylös ja protokollaan tehtiin korjaavat muutokset.

Koska koehenkilöt koostuivat Polar Electro Oy:n henkilökunnasta ja suurin osa mittauksista suoritettiin koehenkilöiden työajalla, oli mittausten aikataulutus erittäin tärkeässä roolissa. Kunkin koehenkilön mittaustilanteeseen kuuluivat varsinaisen suorituksen lisäksi mittalaitteiden kiinnitys, mittalaitteiden käynnistys tietokoneella sekä osassa mittauksista mittauksessa kerätyn datan siirtäminen tietokoneelle. Pilottimittauksissa saatiin arvioitua yhdelle koehenkilölle tarvittava aika kullekin aktiviteetille. Tätä tietoa käytettiin apuna mittausaikatauluja laadittaessa.

## **5.3 Mittausten läpivienti aktiviteeteittain**

### **5.3.1 Siivous**

Siivous-aktiviteetin mittaukset järjestettiin Polar Electro Oy:n tiloissa sijaitsevassa neuvotteluhuoneessa. Neuvotteluhuoneessa oli riittävästi tilaa, mittauksissa tarvittavat pöytätasot sekä tiskikoneella varustettu keittiö. Mittauksiin osallistui yhdeksän koehenkilöä ja mittaukset järjestettiin 8.3.2011.

Siivous-aktiviteetti koostui neljästä osiosta: tiskikoneen täyttö ja tyhjennys, imurointi, lattian luuttuaminen ja pölyn pyyhkiminen pöytätasoilta. Koehenkilöitä ohjeistettiin suorittamaan kukin osio heille ominaisella tyyllillä ja nopeudella. Suoritus alkoi tiskikoneosiollla, jossa koehenkilö vuoronperään täytti ja tyhjensi tiskikonetta haluamallaan tahdilla. Tämän jälkeen suoritus jatkui imurointiosiollla, jossa koehenkilö imuroi määrättyä aluetta. Imuri ei ollut päällä mittaustilanteessa. Kolmannessa osiossa koehenkilö pyyhki lattiaa mopilla määrättyltä alueelta. Viimeisenä koehenkilö pyyhki kuivalla rätillä kolmea eri korkeudella olevaa pöytätasoa. Koehenkilöt suorittivat kaikki kolme minuuttia kestävät osiot

peräkkäin yhdellä otoksella ja yhden mittauksen kokonaiskesto oli 15 minuuttia. Eri osioiden välissä koehenkilöt pitivät minuutin tauon, jonka perusteella mittauksen eri osiot oli helppo erotella mittalaitteiden datasta. Lisäksi eri osioiden suoritusajat kirjattiin mittauspöytäkirjaan.

Varsinaisen suorituksen lisäksi jokaisen koehenkilön mittaustilanne sisälsi mittalaitteiden kiinnityksen, MSR- ja ActiGraph-laitteiden käynnistämisen tietokoneohjelmilla ja suorituksen tallentamisen videokameralla. Jokaisen suorituksen jälkeen MSR- ja ActiGraph-laitteiden keräämä data siirrettiin tietokoneelle. Täsmällinen kuvaus mittauksen vaiheista on esitetty liitteenä olevassa protokollassa (liite 2).

### **5.3.2 Sulkapallo**

Sulkapallomittaukset järjestettiin Polar Electro Oy:n henkilökuntaan kuuluvien henkilöiden sulkapallovuoroilla 28.2., 2.3. ja 7.3.2011. Mittaukset suoritettiin Oulunsalon liikuntakeskuksessa, Kempeleen liikuntahallissa ja Linnanmaan liikuntahallissa.

Mittauksissa koehenkilöt pelasivat nelinpeliä. Sulkapallossa yhden mittauksen ajallinen kesto ei ollut ennalta määrätty, vaan yksi mittaus kesti yhden erän ajan. Mittalaitteita piti päällään aina yksi pelaaja kerrallaan ja laitteet vaihdettiin toiselle pelaajalle erien välissä. Koehenkilöitä ohjeistettiin pelaamaan heille ominaisella tyylillä ja intensiteetillä. Sulkapallomittauksiin osallistui 11 eri-ikäistä koehenkilöä, joista yksi oli naispuolinen. Osa koehenkilöistä suoritti useamman kuin yhden mittauksen. Näin ollen sulkapallosta tehtiin yhteensä 15 mittausta.

Koska mittaustilaisuuksiin varattu aika oli rajattu sulkapallovuoron keston, asetettiin MSR- ja ActiGraph-mittalaitteet tallentamaan koko vuoron ajan. Eri koehenkilöiden suoritukset koko vuoron otoksesta eroteltiin jälkeinpäin pöytäkirjaan kirjattujen aikatietojen perusteella. Askelmittari nollattiin jokaiselle koehenkilölle ja jokaisen koehenkilön suoritus kuvattiin videokameralla erillisillä otoksilla. Yhdellä mittauskerroista videokamera oli sijoitettu kentän reunalle verkon kohdalle ja muilla mittauskerroilla suoritukset kuvattiin sulkapallokentän taka- ja sivurajan kulmasta. (Liite 3.)

### **5.3.3 Salibandy**

Salibandymittaukset järjestettiin Polar Electro Oy:n henkilökunnan vakiovuorolla Oulunsalon liikuntakeskuksessa 1.3. ja 8.3.2011. Mittauksissa koehenkilöt pelasivat normaalia peliä haluamallaan tavalla ja intensiteetillä. Pelin aikana pelaajat olivat kerralla kentällä haluamansa ajan, jonka jälkeen he tulivat vaihtoon ja seuraava pelaaja meni kentälle. Yhden mittauksen kesto oli aika, jonka koehenkilö oli yhtäjaksoisesti kentällä pelaamassa. Mittauksiin osallistui kahdeksan henkilöä, joista yksi suoritti kaksi mittausta. Näin ollen saatiin suoritettua yhteensä yhdeksän mittausta.

Mittaustilaisuuksissa mittalaitteita piti päällään yksi koehenkilö kerrallaan. Koehenkilön tultua pois kentältä mittalaitteet laitettiin seuraavalle koehenkilölle. MSR- ja ActiGraph-mittalaitteet oli asetettu mittaamaan koko vuoron ajan, joten eri koehenkilöiden suoritukset eroteltiin jälkeenpäin koko vuoron otoksesta pöytäkirjaan kirjattujen aikatietojen perusteella. Askelmittari nollattiin kunkin koehenkilön suorituksen alussa ja kunkin koehenkilön suoritus kuvattiin videokameralla erillisillä otoksilla. Mittauksissa videokamera oli sijoitettu kentän reunalle puoleen väliin kenttää. (Liite 4.)

### **5.3.4 Pyöräily**

Pyöräilymittaukset suoritettiin Kempeleessä, Polar Electro Oy:n läheisyydessä olevalla pyörätiellä 10.3. ja 11.3.2011. Koehenkilöt pyöräilivät noin kahden kilometrin matkan Polar Electro Oy:n pihalta kääntöpaikaksi valitulle sillalle ja palasivat sillalla käytyään takaisin lähtöpaikalle. Yhteensä matkaa kertyi siis noin neljä kilometriä. Mittauksiin osallistui 10 Polar Electro Oy:n henkilökuntaan kuuluvaa koehenkilöä, joista jokainen suoritti yhden mittauksen.

Mittauksissa käytettiin Polar Electro Oy:ltä saatua polkupyörää. Polkupyörässä oli säädettävä istuin, joka mahdollisti saman pyörän käyttämisen kaikilla koehenkilöillä. Lisäksi polkupyörässä oli nopeusmittari. Koehenkilöiden tuli pyöräillä meno- ja paluumatka eri nopeuksilla ja seurata nopeutta polkupyörän nopeusmittarista. Mittausta valvova henkilö kirjasi koehenkilön ilmoittamat nopeudet mittauspöytäkirjaan.

Mittauksien suorittamiseen oli varattu aikaa puoli tuntia koehenkilöä kohden. MSR-anturit ja ActiGraph-aktiivisuusmittari asetettiin mittaamaan yhtäjaksoisesti koko mittaustilaisuuden ajan. Kunkin koehenkilön suoritus eroteltiin jälkeensä koko otoksesta mittauspöytäkirjaan kirjattujen aikatietojen perusteella. Mittauksessa käytetty askelmittari nollattiin jokaisen koehenkilön suorituksen alussa. (Liite 6.)

Pyöräilymittauksissa kerätyn datan käsittelyä ja analysointia varten tehtiin myös kaksi lisämittausta 13.4.2011. Näiden lisämittausten tarkoitus oli varmistaa nilkassa pidettävän MSR 145W -mittalaitteen soveltuvuus kertyneen polkimien pyörähdyslukumäärän laskemiseen. Soveltuvuus varmistettiin vertailemalla nilkassa pidettävän laitteen datasta saatuja tuloksia Polar Electro Oy:n kaupallisen kadenssimittarin tuloksiin. Lisämittauksissa ei käytetty askelmittaria eikä aktiivisuusmittari. Lisämittausten tuloksia ei myöskään otettu huomioon pyöräilymittausten tulosten käsittelyssä tai analysoinnissa.

### **5.3.5 Juoksumatto**

Kävelyn ja juoksun mittaukset järjestettiin Polar Electro Oy:n tiloissa sijaitsevalle juoksumatolle 7.3. ja 10.3.2011. Mittauksiin osallistui 10 Polar Electro Oy:n henkilökuntaan kuuluvaa koehenkilöä, joista jokainen suoritti yhden mittauksen.

Yhden koehenkilön suoritus juoksumatolla kesti kahdeksan minuuttia, jonka aikana juoksumattoa käytettiin neljällä eri nopeudella. Käytetyt nopeudet olivat hidas kävely, reipas kävely, kevyt hölkkä ja reipas juoksu, joista kunkin kesto oli kaksi minuuttia. Koehenkilöt saivat itse päättää juoksumaton varsinaisen nopeuden omien tuntemustensa mukaan. Osa koehenkilöistä oli käyttänyt samaa juoksumattoa aikaisemmin ja he säätivät nopeuden itse. Muutoin mittauksen valvoja säätöi juoksumaton nopeuden koehenkilön ohjeiden mukaan.

Suorituksen lisäksi jokaisen koehenkilön mittaukseen kuului mittalaitteiden kiinnitys, MSR- ja ActiGraph-laitteiden mittauksen käynnistäminen tietokoneella sekä mittauksen jälkeen MSR- ja ActiGraph-laitteiden datan siirtäminen ja tallentaminen tietokoneelle. Mittauksissa käytetty askelmittari nollattiin kunkin koehenkilön suorituksen alussa. Askelmittarin lukema kirjattiin pöytäkirjaan sekä vaihdettaessa kävelystä juoksuun että suorituksen lopussa. Videokamera

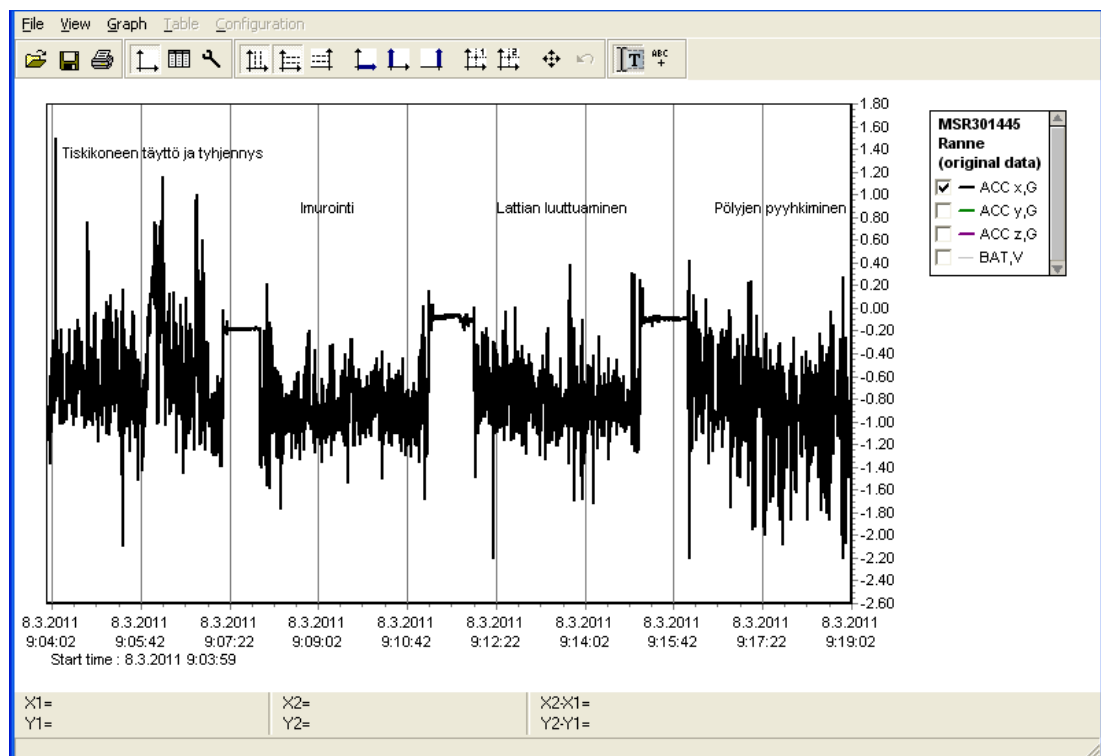
kuvasi suorituksen juoksumaton takaa ja se asetettiin kuvaamaan noin minuutti ennen suorituksen alkua. Mittauksen alkaminen seurattiin rannekellosta ja mittauksen alku näytettiin videolle kättä heilauttamalla. Suoritusten aikatiedot kirjattiin mittauspöytäkirjaan. (Liite 5.)

## 6 MITTAUSTULOKSET JA NIIDEN KÄSITTELY

### 6.1 Mittaustulokset

Mitattuja aktiviteetteja olivat siivous, sulkapallo, salibandy, juoksumatto sekä pyöräily. Mittaukset suoritettiin laadittujen protokollien mukaisesti ja ne onnistuivat pääpiirteittäin hyvin. Kaikista mittauksista saatiin käyttökelpoiset tulokset analyysia varten.

Jokaisesta yksittäisestä suorituksesta kerättiin kiihtyvyyssdata ranneanturista. Kuvassa 11 on esimerkki siivousmittauksissa kerätystä datasta. Kuvan kiihtyvyyssdatasta erottuvat selkeästi mittauksen eri osiot sekä minuutin tauot osioiden välillä. Pyöräilymittauksissa kerättiin vastaavanlaiset kiihtyvyyssdatat myös nilkka-anturilla.



KUVA 11. Ranneanturin kiihtyvyyssdata siivousmittauksesta

Kiihtyvyyssdatan lisäksi jokaisesta mittauksesta kerättiin askelmäärät. Askelmäärät kerättiin askelmittarilla ja aktiivisuusmittarilla sekä pyöräilyä lukuun ot-

tamatta myös videolta laskemalla. Askelmittarin lukema kirjattiin mittauspöytäkirjaan ja aktiivisuusmittariin kertyneet askelmäärät luettiin tiedostosta jälkeensä aktiivisuusmittarin omalla ohjelmalla. Kuvassa 12 on esitetty yhden koehenkilön juoksumattomittaus.



*KUVA 12. Koehenkilö juoksumatolla*

## **6.2 Mittauksissa kerätyn datan esikäsittely**

Mittauksissa kerätty data täytti suunnitteluvaiheessa asetetut vaatimukset. Kaikkia mittauksissa kerättyä dataa ei kuitenkaan voitu käsitellä tai analysoida sellaisenaan. Myös mittaustulosten jäljitettävyys yksittäiseen suoritukseen oli varmistettava mittausten jälkeen.



MSR 145W -mittalaite tuotti raakaa kiihtyvyyssdataa tehdyistä mittauksista. Kiihtyvyyssdata laitteelta siirrettäessä oli MSR:n omassa tiedostoformaattissa (.msr). Tässä työssä tarkoitus oli käsitellä kerättyä kiihtyvyyssdataa Matlab-ohjelmalla, joten kerätty kiihtyvyyssdata muutettiin CSV (comma-separated values) -tiedostoformaattiin. Tiedoston nimi pysyi tiedostopäätettä lukuun ottamatta samana. CSV-tiedostoformaatin tiedostopääte on .csv ja se voidaan avata myös tekstieditorilla.

Jotta mittaustulokset saatiin yhdistettyä koehenkilöiden suorituksiin, mittaustulokset sisältävien tiedostojen nimeämiseen laadittiin protokolla. Lähtökohtana protokollan laatimisessa oli, että tiedostonimestä selviää suoritettu aktiviteetti, suorituksen ajankohta ja koehenkilön sekä otoksen numero.

### **6.3 Askelmäärän laskeminen videolta**

Askelmäärän laskemisen suoritti Polar Electro Oy:n suostumuksella Oulun seudun ammattikorkeakoulun opiskelija Miikka Keski-Säntti. Tehtävää varten pidettiin palaveri, jossa käytiin läpi yksityiskohtaisesti työn suoritustapaan, vaatimuksiin, sekä tulosten kirjaamiseen liittyvät asiat. Askelmäärien laskemista sekä kirjaamista varten työn suorittavalle opiskelijalle toimitettiin kopiot mittauspöytäkirjoista.

Kappaleessa 2.4 on esitetty yhden askeleen jako vaiheisiin ja vaiheisiin liittyvät yläraajojen myötäliikkeet. Kuvaus esittää askeleen ihmisen fysiologisesta näkökulmasta eikä sellaisenaan sovellu askeleen määritelmäksi, kun kertyneitä askelia lasketaan videolta. Mitatuista aktiviteeteista ainoastaan juoksumatto-osiossa askelrytmi on säännöllinen.

Selkeimmissä tapauksissa askelten laskemiseen tehtiin hypoteesi, jonka mukaan toisen jalan noustessa ylös alustasta ja siirtyessä selkeästi toiseen paikkaan syntyy yksi askel. Askel voi siis suuntautua mihin suuntaan tahansa. Mikäli myös toinen jalka tämän jälkeen nousee alustasta ja siirtyy selkeästi muualle kuin ensin siirtyneen jalan viereen, lasketaan suoritus kahdeksi askeleeksi. Tällöin myös kehon paino vaihtuu jalalta toiselle. Eteenpäin kävelyssä toisen jalan tuli siirtyä ensin siirtyneen jalan varvaslinjan etupuolelle.

Ongelmallisempaa askelmäärien laskemisen kannalta olivat tilanteet, joissa jalkojen paikka ei muutu paljon tai jalka laahaa lattian pintaa pitkin. Jalat eivät aina myöskään siirtyneet vuoronperään, vaan siirtynyt jalka saattoi siirtyä uudelleen toisen jalan pysyessä paikallaan. Mittauksissa koehenkilöt saattoivat myös siirtää kehon painoa jalalta toiselle ilman, että jalat selkeästi nousevat alustasta tai liikkuvat. Seuraavassa on esitetty säännöt, joiden perusteella askelmäärät laskettiin epäselvissä tilanteissa.

- Jalan nouseminen ylös alustasta ja siirtyminen toiseen paikkaan lasketaan askeleeksi. Mikäli siirtynyt jalka tämän jälkeen palaa takaisin lähtöpaikalleen tai toinen jalka siirtyy ainoastaan ensin siirtyneen jalan viereen, on kertynyt ainoastaan yksi askel.
- Koehenkilön sipsutellessa tai vaihtaessa kehon painopistettä jalalta toiselle liikkeitä ei lasketa askeliksi. Laskettua askelmäärää kerrytetään kuitenkin yhdellä askeleella 5–10 painonvaihtoa kohden tilanteesta riippuen.
- Mikäli koehenkilö hyppää ilmaan (esimerkiksi sulkapallossa), lasketaan ponnistus yhdeksi askeleeksi ja alastulo toiseksi askeleeksi.

Sulkapallo ja salibandy ovat luonteeltaan nopeatempoisia ja mittauksissa koehenkilöt ottivat askeleita hetkittäin nopeasti. Askelmäärän laskemisen helpottamiseksi koehenkilöiden suorituksista kuvatut videot katsottiin 75 %:n nopeudella.

## 6.4 Countien määrittäminen kiihtyvyysdatasta

Työn tuotoksena syntyneiden aktiviteettikohtaisten kerrointen määrittämistä varten täytyi MSR 145W-mittalaitteen keräämästä kiihtyvyysdatasta selvittää tiettyjen kiihtyvyyden kynnyksarvojen ylitysten eli niin sanottujen countien määrä. Jokaisen aktiviteetin ja kunkin koehenkilön suorituksista countit saatiin Polar Electro Oy:n algoritmilla. Ohjelmalle syötettiin tarkasteltavana olevan suorituksen kiihtyvyysdatan sisältävä CSV-tiedosto, jonka jälkeen ohjelma tulosti suorituksen aikana kertyneiden countien määrän (kuva 13). Kunkin suorituksen tuotama tulos kirjattiin tulosten analysoinnissa käytettyyn Excel-taulukkoon (liite 9).



Kuva poistettu

KUVA 13. Matlab-ohjelman tulostama kiihtyvyydata ja countit

## 6.5 Aktiviteettikohtaisen kertoimen määrittäminen

Aktiviteettikohtainen kerroin tarkoittaa kerrointa, jolla ranneanturin kertyneiden countien lukumäärästä saadaan laskettua kertynyt askelmäärä. Askelmääräreferenssinä käytettiin suoritusten videolta laskettuja askelmääriä ja pyöräilyssä nilkka-anturin datan perustella laskettuja polkimien pyörähdyslukumääriä.

Aktiviteettikohtaisen kertoimen määrittäminen alkoi suorituskohtaisen kertoimen määrittämisellä. Suorituskohtaisella kertoimella tarkoitetaan kerrointa, joka antaa tarkalleen oikean askelmäärän suorituksen aikana kertyneiden countien perusteella. Kerroin saadaan jakamalla referenssiaskelmäärä kertyneiden ranneanturin countien lukumäärällä. Kun kaikkien suoritusten suorituskohtaiset kertoimet oli määritetty, aktiviteettikohtainen kerroin saatiin ottamalla keskiarvo suorituskohtaisista kertoimista. Liitteen 8 taulukossa on esimerkki kertoimien määrittämisestä.

## 6.6 Suorituksen taajuus ja säännöllisyys

Mittaustuloksista lasketut aktiviteettikohtaiset kertoimet eivät välttämättä anna oikeaa askelmäärää kaikilla käyttäjillä ja kaikissa tilanteissa. Suorituksen mi-

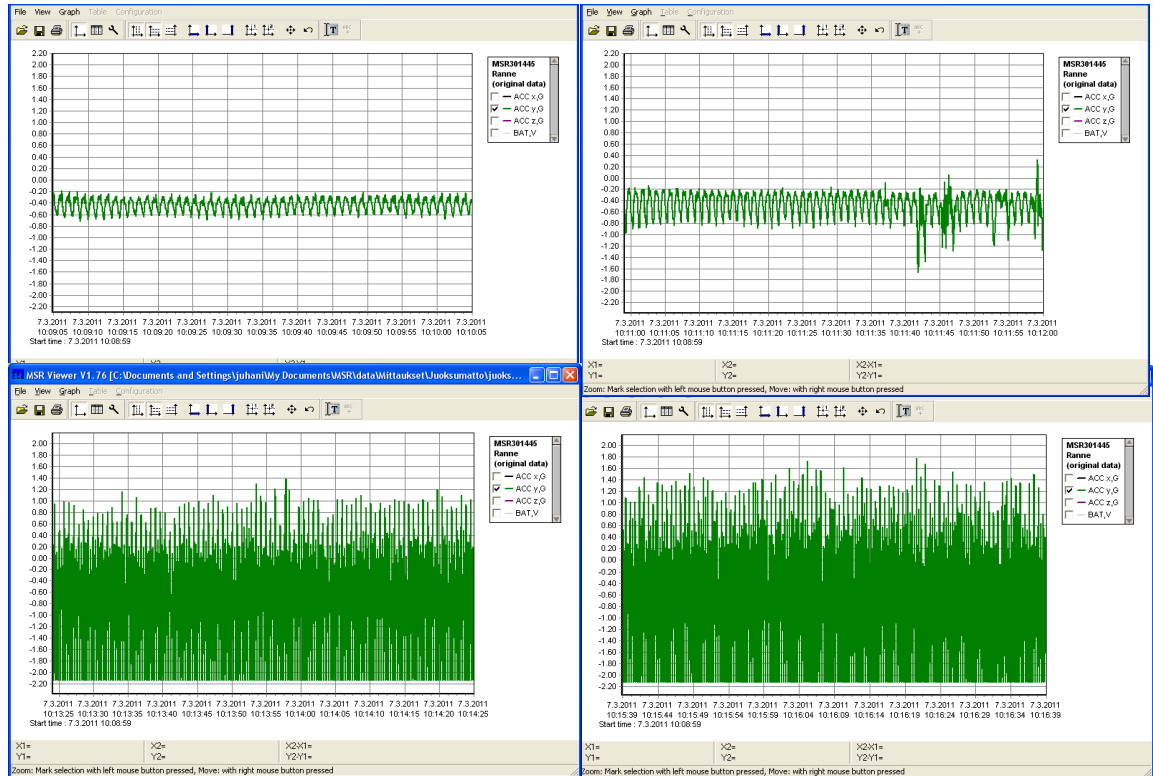
minuuttitaajuuden ja säännöllisyyttä kuvaavan indeksin vaikutusta kertoimeen haluttiin tutkia. Minuuttitaajuus laskettiin jakamalla mittaustuloksena oleva ranteanturin countien määrä suoritukseen käytetyllä ajalla. Suorituksen säännöllisyyttä kuvaava indeksi (regularity index) saatiin suoraan Polar Electro Oy:n algoritmista count-määrän määrittämisen yhteydessä. Säännöllisyyttä kuvaavan indeksin arvo on välillä 0–1, jolloin 1 vastaa täydellistä säännöllisyyttä. Sekä minuuttitaajuus että säännöllisyysindeksi kirjattiin jokaiselle suoritukselle mittaustulosten analysoinnissa käytettyyn Excel-taulukkoon.

## 7 MITTAUSTULOSTEN ANALYSOINTI

### 7.1 Aktiviteettien ominaisuudet kiihtyvyyssatassa

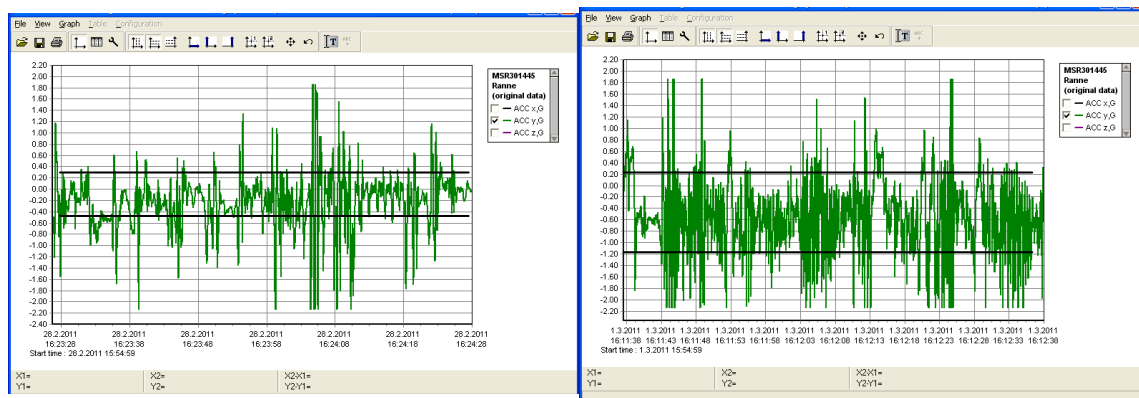
Mittauksissa suoritettujen aktiviteettien erot ovat havaittavissa ranteessa pidetyn kiihtyvyyssanturin datassa. Suorituksen hetkittäistä intensiteettiä voidaan arvioida kiihtyvyyden maksimipoikkeamien arvoista eli suorituksen aikana tapahtuneista sykäyksistä. Suorituksen tempo ja säännöllisyys näkyvät kiihtyvyyssatatan poikkeamien taajuutena ja taajuuden muutoksina.

Kuvassa 14 on eriteltynä yhden koehenkilön suorituksesta neljä juoksumaton nopeutta. Kävely ja juoksu ovat rytmiltään säännöllisiä ja käsivarsien myötäliikkeet ovat suhteessa nopeuteen. Kuvasta 14 voidaan nähdä nopeuden kasvamisen vaikutus ranteen kiihtyvyyssatataan. Askeltiheyden kasvu näkyy kiihtyvyyssatatan taajuuden kasvuna ja nopeuden kasvu kiihtyvyyden arvojen kasvuna.



KUVA 14. Juoksumattomittauksen neljä eri nopeutta eriteltynä

Kuvassa 15 on esitetty noin minuutin kestoiset otokset sulkapallo- ja salibandy-suorituksista. Sulkapallokenttä on suhteellisen pieni verrattuna salibandykenttään, joten juoksumatkat ovat lyhyitä ja pyrähdystenomaisia. Salibandyssä puolestaan selkeästi juostaan kentällä. Tämä ero näkyy kuvaajan vertikaalitason keskivaiheilla tapahtuvassa värähtelyssä. Sulkapallossa keskivaiheen värähtely tapahtuu huomattavasti kapeammalla kiihtyvyyalueella kuin salibandyssä.

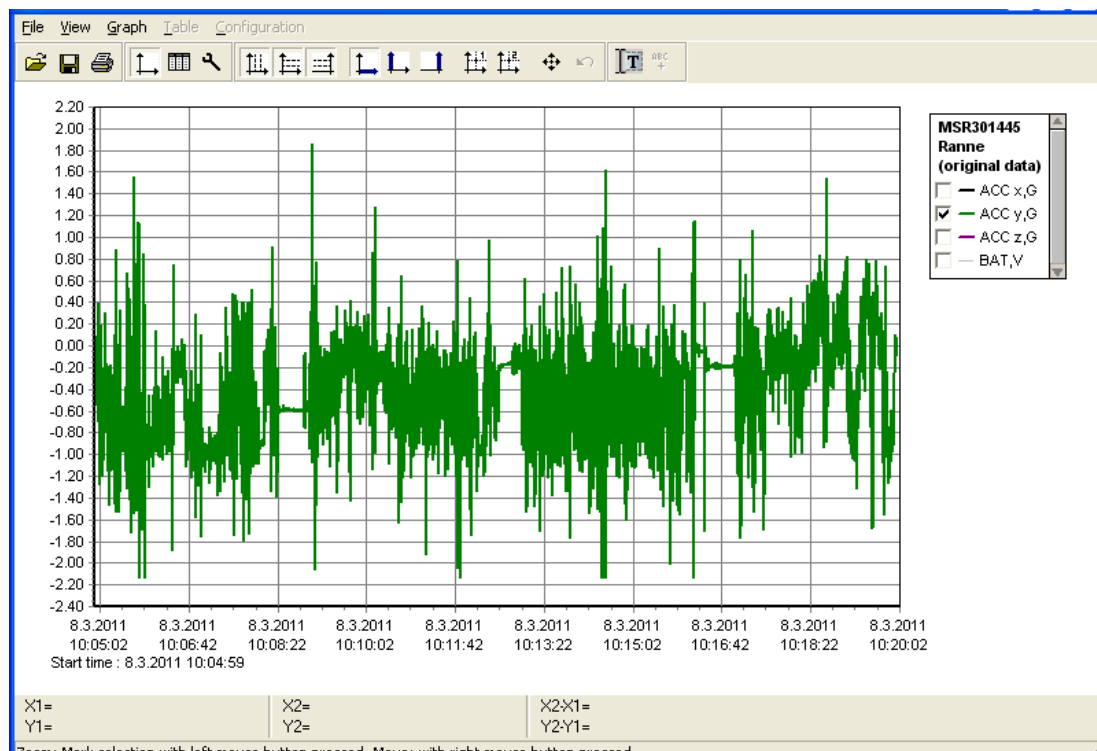


KUVA 15. Sulkapallo- ja salibandymittauksissa kerättyä kiihtyvyydataa

Sekä sulkapallossa että salibandyssä lyödään palloa mailalla. Pallon lyöminen aiheuttaa kiihtyvyyden, joka näkyy keskivaihetta suurempana kiihtyvyyden hetkellisenä arvona. Kuvaajassa näkyvä lyöntihetken kiihtyvyyden arvo riippuu siitä, onko kiihtyvyyssanturi mailaa pitävässä vai vapaassa kädessä. Kuvan 15 koehenkilöillä kiihtyvyyssanturi oli vasemmassa kädessä. Sulkapallon pelaaja piti mailaa oikeassa kädessä ja salibandyn pelaajan mailakätisyys oli vasemmanpuoleinen.

Siivousmittaus koostui neljästä eri osasuorituksesta. Suoritusten välissä koehenkilö piti minuutin tauon, joten kuvasta 16 on helposti erotettavissa eri osasuoritukset. Siivousaktiviteeteissa askelmäärän arvioiminen ranteen kiihtyvyyssanturin datasta on haasteellista sen vuoksi, että työ tehdään käsin. Käsien liikkeet eivät näin ollen ole suhteessa jalkojen liikkeisiin ja askeliin.

Siivousaktiviteetin keskimmäiset osiot, imurointi sekä lattian luuttuaminen, ovat ominaisilta liikeradoiltaan samantyyllisiä. Sekä imuria että lattia moppiä pidetään kahdella kädellä ja liike on jokseenkin rytmikästä. Mittaustilanteessa kuvatuista videoista voidaan havaita myös, että usein koehenkilön paino vaihtui jalalta toiselle samalla rytmillä käsien liikkeiden kanssa. Tämä ei kuitenkaan yksistään riitä askelmäärän laskemiseen, sillä ranteesta saadun kiihtyvyyssanan perusteella ei selviä, nousevatko jalat alustasta tai siirtyvätkö jalat.

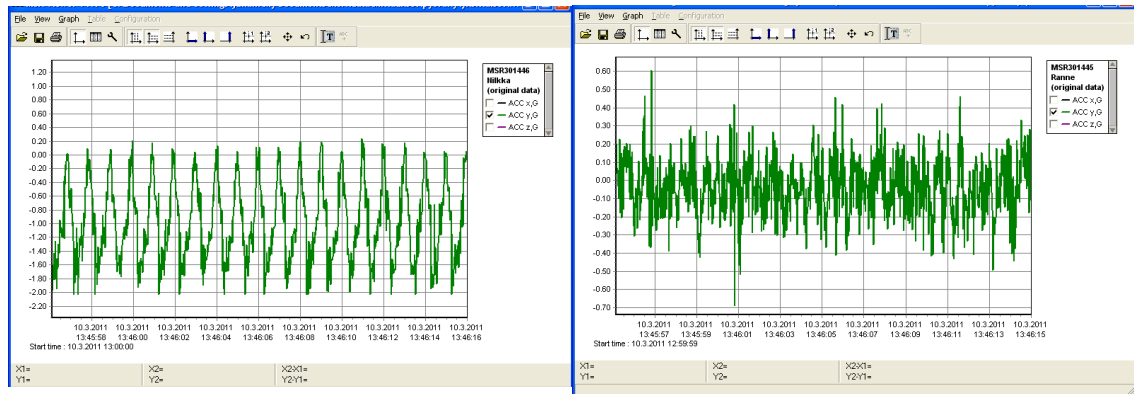


KUVA 16. Siivousmittauksissa kerättyä kiihtyvyydataa

Kuvassa 17 on esitetty noin 20 sekunnin mittainen otos yhden koehenkilön pyöräilymittauksesta. Kuvan vasemmanpuoleinen kiihtyvyysskuvaaja on koehenkilön oikeaan jalan nilkkaan kiinnitetystä kiihtyvyyssanturista ja oikeanpuoleinen kuvaaja on ranteessa pidettävästä kiihtyvyyssanturista. Ranneanturin kuvaaja on skaalattu, jotta kiihtyvyyden arvojen vaihtelut näkyvät selvemmin.

Pyöräilyn rytmi on kävelyn ja juoksun tapaan säännöllistä. Nilkka-anturin data voidaan helposti nähdä polkimien pyörähdyksistä syntynyt aaltomuoto. Ranneanturin data sisältää korkeataajuisia tärinää, joten vastaavaa aaltomuotoa ei näy.





KUVA 17. Pyöräilymittauksissa kerättyä nilkka- ja rannekihtyvyysanturin dataa

Kun ranneanturin dataa käsitellään alipäästösuodattimella, saadaan korkeataajuisen tärinän suodatettua pois. Kuvassa 18 on noin 20 sekunnin otos kuvan 17 koehenkilön ranneanturin kiihtyvyysdatasta, kun data on käsitelty alipäästösuodattimella. Suodatetusta signaalista on havaittavissa nilkka-anturin datan kaltaista säännöllisyyttä. Näin ollen polkimien pyörähdysten määrä on mahdollista arvioida ranneanturin datasta.



KUVA 18. Alipäästösuodatettu ranneanturin kiihtyvyysdata pyöräilymittauksesta

## 7.2 Aktiviteettikohtaiset kertoimet ja niihin vaikuttavat tekijät

Kaikki mittauksissa kerätyt tulokset kirjattiin analysointia varten aktiviteeteittain Excel-taulukoihin. Analysoinnin pääpaino oli askelmäärän laskemisessa käytetävän kertoimen määrittämisessä sekä eri tekijöiden vaikutusten tutkimisessä. Taulukoissa laskettiin kullekin suoritukselle suorituskohtaiset kertoimet ja näistä edelleen aktiviteettikohtainen kerroin kaikille aktiviteeteille. Taulukossa 5 on

esimerkkinä esitetty keskeisimmät mittaustulokset ja tekijät juoksumattoaktiiviteetille. Taulukossa ilmoitettu taajuus ei ole askeltaajuus, vaan rannelaitteen antamien countien taajuus.

*TAULUKKO 5. Juoksumattoaktiviteetin mittaustulokset ja tekijät*

Suoritus	Laskettu	Rannelukema	Kerroin	Taajuus	Säännöllisyys
1 kävely	446	221	2,02	55	0,7500
1 juoksu	742	347	2,09	87	0,8889
2 kävely	442	214	2,07	54	0,8750
2 juoksu	634	296	2,11	74	0,8889
3 kävely	466	226	2,06	57	1,0000
3 juoksu	655	261	2,31	65	0,8889
4 kävely	410	201	2,04	50	1,0000
4 juoksu	613	297	2,04	74	0,8889
5 kävely	374	133	2,81	33	0,2500
5 juoksu	658	296	2,40	74	0,7778
6 kävely	360	72	5,00	18	0,0000
6 juoksu	636	301	2,68	75	0,8889
7 kävely	478	217	2,20	54	0,8750
7 juoksu	650	312	2,12	78	0,8889
8 kävely	420	202	2,08	51	0,8750
8 juoksu	649	305	2,10	76	0,8889
9 kävely	440	219	2,01	55	1,0000
9 juoksu	672	299	2,15	75	0,8889
10 kävely	429	202	2,12	51	0,8750
10 juoksu	669	323	2,09	81	0,8889
Keskiarvo			2,16	63	0,8549

Juoksumattomittausten tuloksia analysoitaessa havaittiin, että koehenkilö numero 6:n ranneanturin lukema ja siitä johdettuna kerroin poikkeavat huomattavasti muusta koehenkilöjoukosta. Kun aktiviteettikohtainen kerroin on keskiarvo suorituskohtaisista kertoimista, kyseisen koehenkilön tuloksilla oli myös suuri vaikutus aktiviteettikohtaiseen kertoimeen. Tämän vuoksi koehenkilö 6:n suoritusta ei otettu huomioon keskiarvoja laskettaessa.

Kun aktiviteettikohtaiset kertoimet oli laskettu, käytiin kaikkien koehenkilöiden tulokset läpi käyttäen laskettua aktiviteettikohtaista kerrointa. Aktiviteettikohtaisella kertoimella laskettuja askelmääriä verrattiin videolta laskettuihin askelmääriin (taulukko 6).

**TAULUKKO 6. Kertoimella laskettu askelmäärä verrattuna laskettuun askelmäärään**

Suoritus	Laskettu	Rannelukema kertoimella	Poikkeaman itseisarvo	Poikkeaman itseisarvo %
1 kävely	446	477	31	6 %
1 juoksu	742	748	6	1 %
2 kävely	442	462	20	4 %
2 juoksu	634	638	4	1 %
3 kävely	466	487	21	4 %
3 juoksu	655	563	92	16 %
4 kävely	410	434	24	5 %
4 juoksu	613	641	28	4 %
5 kävely	374	287	87	30 %
5 juoksu	658	638	20	3 %
6 kävely	360	155	205	132 %
6 juoksu	636	649	13	2 %
7 kävely	478	468	10	2 %
7 juoksu	650	673	23	3 %
8 kävely	420	436	16	4 %
8 juoksu	649	658	9	1 %
9 kävely	440	472	32	7 %
9 juoksu	672	645	27	4 %
10 kävely	429	436	7	2 %
10 juoksu	669	697	28	4 %
Keskiarvo			35	6 %
Keskihajonta			24	7 %

Edellä esitetyllä tavalla käsiteltiin kaikkien aktiviteettien mittaustulokset. Taulukossa 7 on esitetty mittaustulosten analysoinnissa saadut tulokset kaikille aktiviteeteille. Ideaalitulanteessa ranteen kiihtyvyysanturi tunnistaa kaikki toisen jalan askeleet, jolloin askelmäärän laskeva kertomus saadaan tasan 2. Analysoinnin tuloksena saatujen kertomien vaihteluväli on 0,62–2,65, joten on selvää, että yhden kertomien käyttö kaikissa tilanteissa ei tuota oikeita askelmääriä.

Juoksumattoaktiviteetin kertomus saatiin 2,16, joka on mitatuista aktiviteeteista lähimpänä ideaalikerrointa 2. Videolta ja rannelaitteen lukemasta kertomien avulla laskettujen askelmäärien poikkeamaksi saatiin 6 %. Näin ollen todellisuudessa kertyneestä 1000 askeleesta rannelaitteen lukema poikkeaa ainoastaan 60 askeleen verran, mitä voidaan pitää hyvänä tuloksena. Huomionarvoista tuloksissa oli myös salibandyn kertomien pieni keskihajonta sekä kertomella lasketun askelmäärän tarkkuus 4,3 %.

*TAULUKKO 7. Kertomien ja kerrointen antamien askelmäärien tarkkuus aktiviteeteittäin*

Aktiviteetti	Kerroin	Kertomien keskihajonta	Poikkeaman keskiarvo %
Siivous	0,62	0,10	11,6 %
Sulkapallo	1,63	0,30	16,5 %
Salibandy	2,65	0,18	4,3 %
Juoksumatto	2,16	0,19	5,7 %
Pyöräily	2,23	0,42	14,3 %

### 7.3 Kiihtyvyyden kynnysarvojen vaikutus kertoimeen

Kuten jo aiemmin todettiin, ideaalitalanteessa rannelaitteen ilmoittama lukema kerrottuna kahdella antaa tarkan askelmäärän. Tästä voidaan tehdä karkea johtopäätös, että lasketun kertoimen ollessa yli 2 tunnistaa rannelaite liian vähän kynnysarvojen ylityksiä. Vastaavasti kertoimen ollessa alle 2 kynnysarvojen ylityksiä tunnistetaan liikaa. Kun saatuja kertoimia tarkastellaan tässä valossa, voidaan arvioida asetettujen kynnysarvojen toimivuutta kussakin aktiviteetissa.

Mitatuista aktiviteeteista yli 2:n olevan kertoimen saivat juoksumatto, salibandy ja pyöräily. Näistä juoksumattoaktiviteetissa käsivarsien myötäliikkeet ja niiden määrät ovat lähes täysin suhteessa askeltiheyteen ja nopeuteen, joten kertoimen pitäisi olla miltei tarkalleen 2. Kuvassa 19 näkyy otos koehenkilö numero 6:n kävelyosuudesta. Kuvan perusteella voidaan todeta, että sinisellä viivalla kuvattu kynnysarvo oli asetettu liian korkealle, eikä kaikkia käsien liikkeitä saatu tunnistettua. Tällä perusteella kävelyn ja juoksun askelmäärän mittaamisessa tulisi käyttää hieman tässä mittauksessa käytettyä alhaisempaa kynnysarvoa. Tällöin aktiviteettikohtainen kerroin saattaisi asettua lähemmäksi 2:ta.



*KUVA 19. Otos koehenkilö 6:n kävelyosiosta*

Salibandyssa kerroin oli mitatuista aktiviteeteista suurin. Salibandyssa palloa kuljetetaan mailalla siten, että molemmat kädet ovat mailassa kiinni, joten kädet eivät välttämättä heilu askelten tahdissa. Näin ollen kynnsarvot eivät välttämättä ylitä jokaisella askeleella.



*KUVA 20. Otos salibandymittauksen kiihtyvyydatasta*

Pyöräilyssä kädet ovat kiinni ohjaustangossa ja käsien liikkeet ovat todella pieniä. Tämän vuoksi pyöräilymittauksissa kerättyä dataa varten kynnsarvoja laskettiin huomattavasti. Pyöräilyssä syntynyt korkeataajuinen värinä poistui kiihtyvyydataan suodatusvaiheessa, joten riittävän alhaisilla kynnsarvoilla saatiin käden liikkeet laskettua riittävän tarkasti.

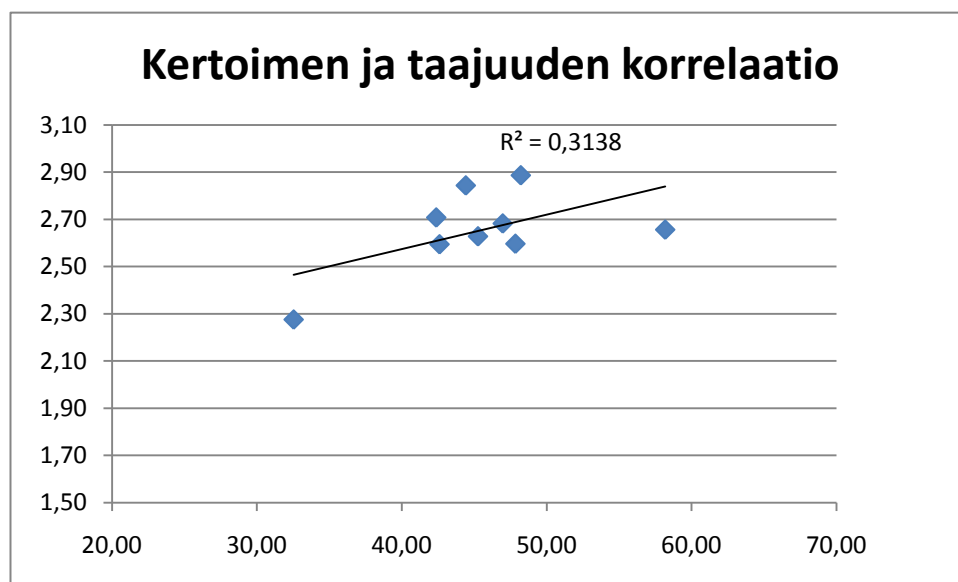
Siivous- ja sulkapalloaktiviteettien kertoimet olivat alle 2. Molemmissa aktiviteeteissa kädet tekevät suuren osan työstä, joten otettujen askeleiden lisäksi kiihtyvyydatasta näkyvät käsien itsenäiset liikkeet. Mikäli käsillä tehtävien aktiviteettien kertoimia haluttaisiin tarkentaa, tulisi tehdä lisämittauksia suuremmalla otannalla ja arvioida askelten ja käsien liikkeiden osuuksia kertyneistä lukemista tilastollisesti.



## 7.4 Taajuuden ja säännöllisyyden vaikutukset

Mittaustulosten analysoinnissa tutkittiin myös suoritusten rannelukeman minuuttitaajuuden sekä säännöllisyydestä kertovan indeksin vaikutusta kertoimeen. Tarkastelu suoritettiin sekä aktiviteetin eri suoritusten välillä että eri aktiviteettien välillä. Taajuuden ja säännöllisyyden vaikutuksen arvioinnissa käytettiin menetelmänä kertoimen korrelaatiota.

Yksittäisistä saman aktiviteetin suorituksista merkittävin kertoimen ja taajuuden korrelaatio oli salibandymittausten tuloksissa (kuva 21). Korrelaatiokertoimen neliön arvo salibandymittauksissa oli noin 0,3, jonka merkitsevyys on suuri. Muiden aktiviteettien tuloksissa merkitsevyys jäi pieneksi. Taulukossa 8 on esitetty taajuuden ja kertoimen välinen korrelaatio kaikille aktiviteeteille.

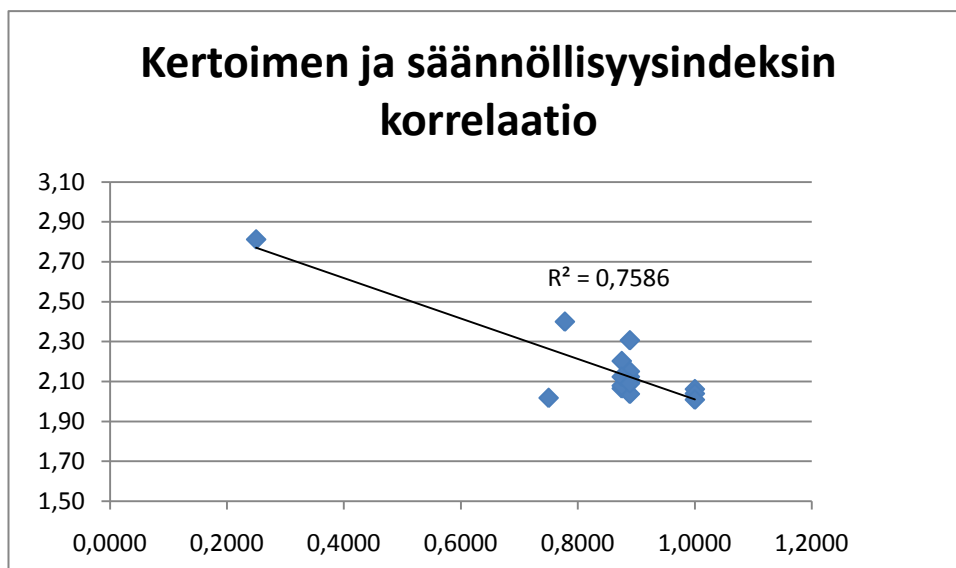


KUVA 21. Kertoimen ja suorituksen taajuuden korrelaatio salibandyssa

TAULUKKO 8. Taajuuden ja kertoimen korrelaatiot aktiviteeteittain

Aktiviteetti	Korrelaatiokertoimen neliö
Siivous	0,00
Sulkapallo	0,09
Salibandy	0,31
Juoksumatto	0,12
Pyöräily	0,11

Säännöllisyysindeksi oli suurimmassa osassa aktiviteeteista nolla. Odotusten mukaisesti ainoastaan juoksumatolta ja pyöräilystä saatiin nollasta poikkeavia lukemia. Salibandyssa nollasta poikkeava lukema saatiin kahdesta suorituksesta. Kuvan 22 mukaan juoksumattomittausten tuloksissa kertoimen ja säännöllisyysindeksin välillä olisi erittäin suurta lineaarista korrelaatiota. Tämä tulos voisi silti olla virheellinen, sillä arvojoukossa on yksi muista selvästi poikkeava arvo. Kun tätä arvoa ei oteta huomioon, on korrelaatiokertoimen neliön arvo 0,17. Viideolta tarkistettuna nähdään, että poikkeava säännöllisyysindeksin arvo johtuu käsien epäsäännöllisistä ja vaimeista liikkeistä kävelyn aikana. Luultavasti myös korkea suorituskohtainen kerroin selittyy sillä, että kaikkia askeleita ei tunnistettu kävelyn aikana.



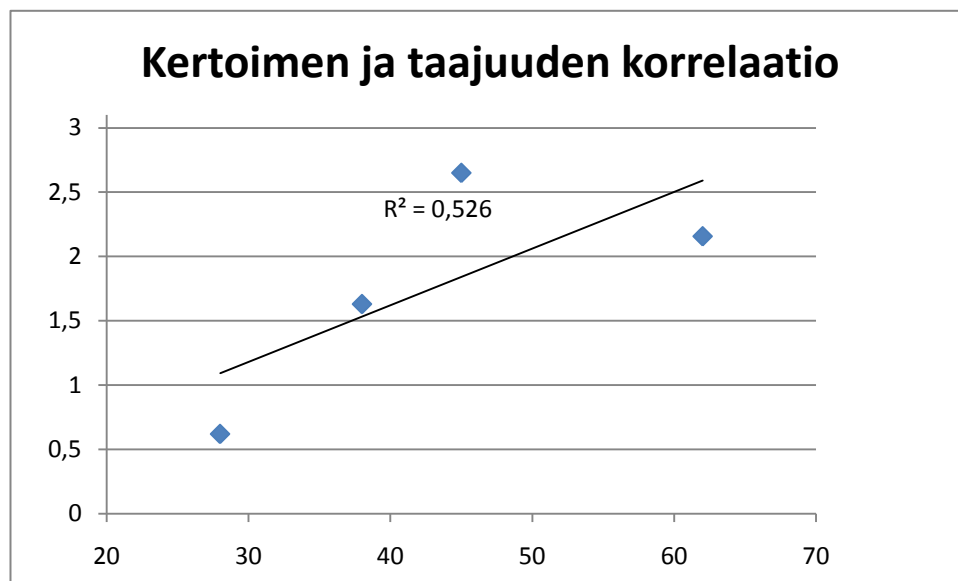
**KUVA 22.** Kertoimen ja säännöllisyysindeksin korrelaatio juoksumattomittauksissa

Saman aktiviteetin suorituksissa taajuudet sijoittuvat suhteellisen pienelle vaihteluvälille, joten ymmärrettävästi suurta korrelaatiota kertoimen kanssa ei havaita. Taulukossa 9 on esitetty mittaustuloksista otetut kertoimet, taajuudet sekä säännöllisyysindeksit kaikille aktiviteeteille. Arvot ovat keskiarvoja yksittäisten suoritusten tuloksista.

**TAULUKKO 9.** Aktiviteettien kertoimet, taajuudet ja säännöllisyysindeksit

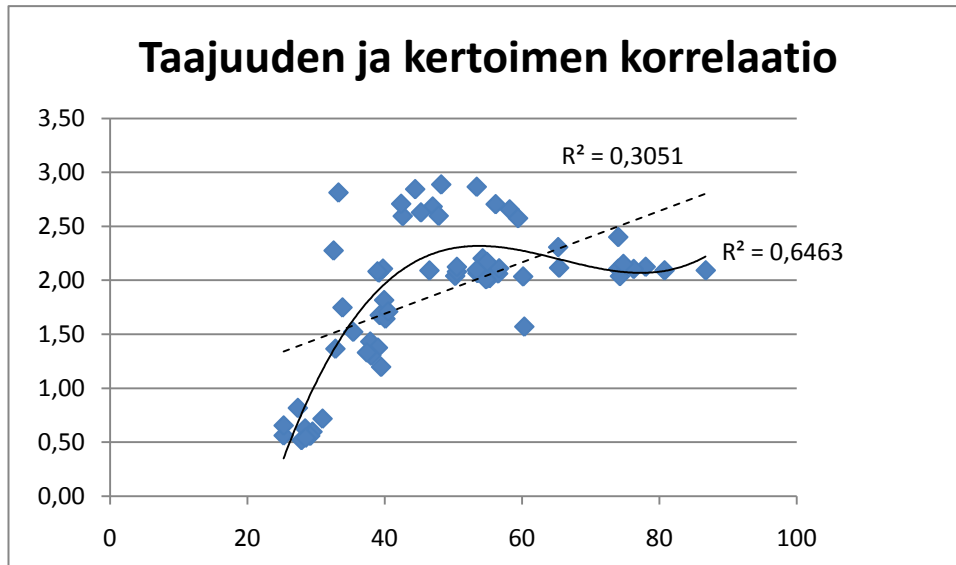
Aktiviteetti	Kerroin	Taajuuden keskiarvo	Säännöllisyysindeksin keskiarvo
Siivous	0,62	28	0
Sulkapallo	1,63	38	0
Salibandy	2,65	45	0,0350
Juoksumatto	2,16	63	0,8549
Pyöräily	2,23	57	0,18964

Aktiviteettikohtaisten kerrointen ja aktiviteettien taajuuksien välisiä suhteita tutkittiin myös korrelaatiokuvaajalla (kuva 23). Tuloksen mukaan kertoimen ja taajuuden välillä on suurta tai erittäin suurta positiivista korrelaatiota. Tuloksessa täytyy kuitenkin huomioida otoksen erittäin pieni koko ja aktiviteettien muut ominaispiirteet. Aktiviteeteissa, joissa tehdään paljon työtä käsillä, taajuus voi olla suuri askelmäärän jäädessä pieneksi. Tällöin aktiviteettikohtainen kerroin on pieni. Jos vastaavasti juostaan samalla taajuudella, aktiviteettikohtainen kerroin kasvaa huomattavasti.



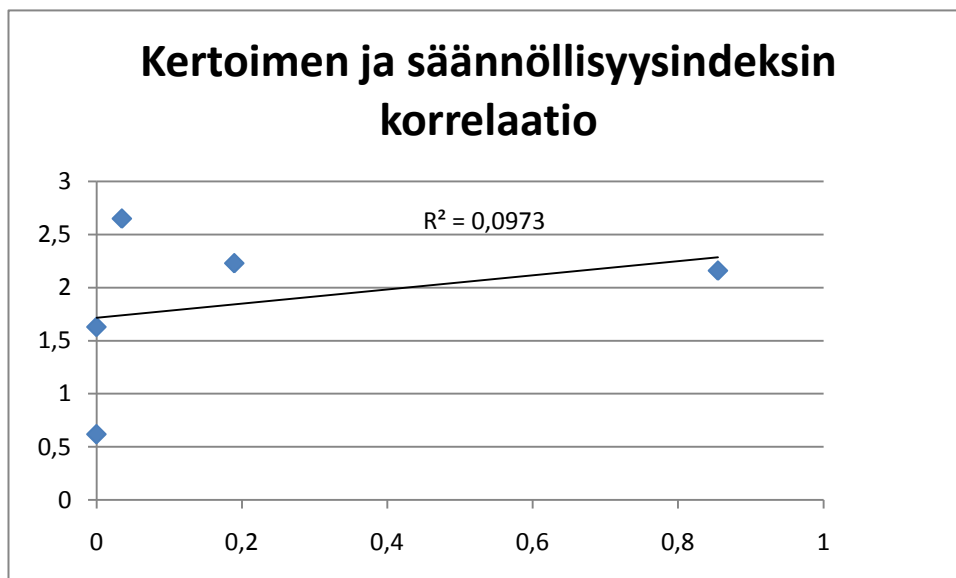
*KUVA 23. Aktiviteettikohtaisten kerrointen ja taajuuden korrelaatio*

Kuvassa 24 on esitetty kertoimen ja taajuuden korrelaatio, kun kaikki yksittäiset suoritukset otetaan huomioon. Katkoviivalla on merkitty kuvaajan lineaarinen trendiviiva ja yhtenäisellä viivalla kolmannen asteen polynominen trendiviiva. Lisäksi kuvassa on esitetty korrelaatiokertoimen neliön arvo molemmille sovituksille. Sovitustavasta riippuen korrelaatiokertoimen neliön arvo vaihtelee 0,31:n ja 0,65:n välillä. Korrelaation merkitsevyys on tällöin suuri tai erittäin suuri eli taajuudella näyttää olevan selkeä vaikutus kertoimen suuruuteen.



*KUVA 24. Suorituskohtaisen kertoimen ja taajuuden korrelaatio*

Mitatut aktiviteetit olivat juoksumatto-osiota lukuun ottamatta erittäin epäsäännöllisiä. Otoksen pienuuden ja aktiviteettien epäsäännöllisyyden vuoksi säännöllisyyden vaikutusta kertoimeen ei voida luotettavasti arvioida. Kuvassa 25 on esitetty mittaustulosten perusteella laskettu aktiviteettikohtaisen kertoimen ja säännöllisyysindeksin korrelaatio.



*KUVA 25. Aktiviteettikohtaisen kertoimen ja säännöllisyysindeksin korrelaatio*

## 7.5 Koehenkilön pituuden ja painon vaikutukset

Aktiviteettien suorituskohteisissa kertoimissa oli hajontaa. Tämä aiheuttaa epätarkkuutta aktiviteettikohtaiseen kertoimeen. Lähtökohtana koehenkilön pituuden ja painon vaikutusten tutkimisessa oli arvioida, voidaanko pituuden ja painon perusteella määrittää toinen kerroin, joka pienentää keskihajontaa aktiviteettikohtaisessa kertoimessa.

Taulukossa 10 on esitetty koehenkilöiden pituuden ja painon korrelaatiot aktiviteettikohtaisten kerrointen kanssa. Siivous- ja sulkapalloaktiviteettien tulokset ovat merkitseviä, eli pituuden ja painon avulla voitaisiin mahdollisesti tarkentaa aktiviteettikohtaista kerrointa. Juoksumattoaktiviteetin tulokset ovat pienimmät. Huomioitavaa on tulosten yhteys aktiviteeteille ominaisiin suoritustaajuuksiin. Siivous- ja sulkapalloaktiviteeteissa taajuudet olivat pienimmät ja juoksumatolla taajuus oli mittatuista aktiviteeteista suurin.

TAULUKKO 10. Kertoimen korrelaatio pituuden ja painon kanssa

Aktiviteetti	Korrelaatiokertoimen neliö (pituus)	Korrelaatiokertoimen neliö (paino)
Siivous	0,30	0,46
Sulkapallo	0,23	0,09
Salibandy	0,10	0,00
Juoksumatto	0,04	0,03
Pyöräily	0,10	0,09

## 7.6 Rannelaitteen tulokset verrattuna muihin laitteisiin

Koska työn tarkoitus oli analysoida ranteessa pidettävän kiihtyvyysanturin soveltuvuutta askelmäärän laskemiseen, on hyödyllistä verrata rannelaitteen antamia tuloksia valmiisiin tuotteisiin. Mittauksissa vertailukohteita olivat Acti-

Graph-aktiivisuusmittarin sekä Omronin askelmittarin antamat askelmäärät. Taulukossa 11 on esitetty rannelaitteen, ActiGraphin sekä Omronin tulosten poikkeamat referenssilukemaan verrattuna. Taulukossa ilmoitettu lukema on suorituskohtaisista prosentuaalisista poikkeamien itseisarvoista laskettu keskiarvo. Siivous-, salibandy- ja pyöräilymittauksissa rannelaitteen poikkeamien prosentuaalinen keskiarvo oli pienin. Juoksumatolla rannelaitteen ja askelmittarin tulokset olivat samaa luokkaa. ActiGraphin tulosten prosentuaalisten poikkeamien keskiarvo oli suurin kaikissa muissa aktiviteeteissa paitsi siivouksessa.

Rannelaitteessa prosentuaalisten poikkeamien keskiarvo oli suurempi aktiviteeteissa, joissa tehdään käsillä töitä. Siivous- ja sulkapalloaktiviteeteissa taajuu-  
det olivat myös muita aktiviteetteja pienemmät. Siivouksessa Omronin ja ActiGraphin korkea poikkeamaprosentti selittyy luultavasti sillä, että askeleiden aiheuttama kiihtyvyys ei ollut riittävä ylittämään askeleen tunnistamisessa käytettävää kynnsarvoa. Sulkapallomittausten tuloksissa Omronin poikkeamien keskiarvo on suhteellisen pieni. Omronin etuna rannelaitteeseen verrattuna on se, etteivät käsien liikkeet vaikuta laitteen mittaukseen olennaisesti.

*TAULUKKO 11. Mittalaitteiden tulosten keskimääräiset poikkeamat aktiviteeteittäin*

Aktiviteetti	Rannelaite	Omron	ActiGraph
<b>Siivous</b>	11,6 %	82,3 %	47,3 %
<b>Sulkapallo</b>	15,6 %	8,8 %	25,6 %
<b>Salibandy</b>	4,3 %	7,1 %	21,9 %
<b>Juoksumatto</b>	5,7 %	5,8 %	17,4 %
<b>Pyöräily</b>	14,3 %	45,9 %	78,6 %

Edellä mainitut lukemat kuvaavat, kuinka lähellä mittaustulokset olivat keskimäärin referenssilukemia. Taulukossa 12 on esitetty prosentuaalisten poikkeamien keskiarvot ja keskihajonnat eri aktiviteeteille. Luvut eivät ole siis poik-

keamien itseisarvoista saatuja. Rannelaitteen tulosten poikkeamissa oli vähiten hajontaa salibandyssä ja juoksumatolla, joissa molemmissa prosentuaalisten poikkeamien hajonta oli alle 10 %.

Sulkapallomittausten tuloksissa Omronin askelmittarin ja ActiGraph-aktiivisuusmittarin tulosten poikkeamat olivat selvästi pienemmällä vaihteluvälillä kuin rannelaitteessa. Rannelaitteessa mittaustuloksiin saattavat vaikuttaa koehenkilöiden omat pelityylit. Toisilla koehenkilöillä kädet voivat heilua pelaessa enemmän kuin toisella, mikä aiheuttaa hajontaa poikkeamissa.

*TAULUKKO 12. Prosentuaalisten poikkeamien keskiarvo ja keskihajonta aktiiviteeteittäin*

Aktiviteetti	Rannelaite	Omron	ActiGraph
<b>Siivous</b>	2,4 (± 14,3) %	– 82,3 (± 12,0) %	– 47,3 (± 19,5) %
<b>Sulkapallo</b>	3,2 (± 18,6) %	– 6,5 (± 8,1) %	– 25,6 (± 9,4) %
<b>Salibandy</b>	0,0 (± 6,6) %	– 2,0 (± 7,8) %	– 11,4 (± 23,0) %
<b>Juoksumatto</b>	– 0,5 (± 9,2) %	4,0 (± 11,9) %	– 17,4 (± 17,7) %
<b>Pyöräily</b>	0,0 (± 17,0) %	– 45,9 (± 28,5) %	– 78,6 (± 16,7) %

Askeleiden kannalta selkeimpiä tapauksia ovat normaali kävely ja juoksu. Tällöin myös askelmittarin tulisi laskea askelmäärä mahdollisimman tarkasti. Rannelaitteen pieni prosentuaalinen poikkeaman keskiarvo ja prosentuaalisten poikkeamien keskihajonta mittaustuloksissa antavat positiivisen vaikutelman rannelaitteen tarkkuudesta.



## 8 YHTEENVETO

Tutkimuksen tavoitteena oli määrittää ranteessa pidettävän kiihtyvyysanturin dataa käsittelevään algoritmiin kertoimet, joilla eritasoisten fyysisten aktiviteettien suorituksista voidaan laskea kertynyt askelmäärä. Tutkimus suoritettiin yhteistyössä työn tilaajana toimineen Polar Electro Oy:n kanssa. Tutkimuksen osana suoritettiin mittauksia erilaisissa fyysisissä aktiviteeteissa ja mittaustuloksista pyrittiin etsimään askelmäärän laskemiseen vaikuttavia tekijöitä.

Työ suoritettiin kevään 2011 aikana. Tutkimuksen alussa laadittiin tutkimussuunnitelma, joka sisälsi työhön liittyvät tehtävät sekä aikataulun. Työn suorituksessa oli selkeästi kolme eri vaihetta: suunnittelu ja taustatietoihin tutustuminen, mittausten suorittaminen sekä tulosten analysointi ja raportointi. Ennalta laadittu aikataulu auttoi opinnäytetyöhön kuuluvien tehtävien seurannassa, ja työn vaiheet raportointia lukuun ottamatta saatiin suoritettua laaditun aikataulun mukaisesti.

Tutkimukseen liittyvään teoriaan sekä tarvittaviin mittalaitteisiin perehtyminen työn alkuvaiheessa antoi hyvät lähtökohdat työn suorittamiselle. Taustatietoihin perehtyminen auttoi asettamaan mittaustuloksille tavoitteet, jotka toimivat mittausten suunnittelun perustana. Mittaustilanteissa kävi selväksi, että suunnittelu oli onnistunut, joten mittaukset sujuivat ilman suurempia ongelmia. Suurimpana ongelmana mittauksissa oli koehenkilön ajautuminen ulos videokameran kuvasta sulkapallo- ja salibandymittauksissa, jolloin askelmäärää ei voitu täsmällisesti laskea. Hyvä suunnittelu näkyi mittaustulosten hyvässä laadussa.

Tutkimuksen tuloksena saatiin määritettyä kertoimet, joiden avulla askelmäärä voidaan laskea eri aktiviteeteissa. Tulosten perusteella ranteessa pidettävä askelmittari antaa suhteellisen tarkan tuloksen, kun suoritettu aktiviteetti on tiedossa. Jotta saatuja kertoimia voitaisiin käyttää algoritmissa reaaliajassa, täytyisi suoritettu aktiviteetti tunnistaa ranteen kiihtyvyysdatasta. Tämä onkin suurin haaste ranneaskelmittarin kehityksessä.

Mittaustulosten perusteella suoritettavan aktiviteetin tunnistamisessa avaintekijöitä ovat suorituksen taajuus sekä intensiteetti. Tällä hetkellä intensiteettiä tutkitaan ainoastaan vertaamalla kiihtyvyydataa kahteen kiihtyvyyden kynnsarvoon. Parempi käsitys aktiviteetin intensiteetistä saataisiin, mikäli kiihtyvyyden minimi- ja maksimiarvot otettaisiin myös huomioon. Jos kiihtyvyyden positiivisista ja negatiivisista arvoista lasketaan keskiarvot, saadaan arvio kiihtyvyyden arvojen vaihteluvälistä aktiviteetin aikana. Tällä perusteella voisi olla mahdollista tehdä adaptiivinen algoritmi, joka valitsee käytettävän kertoimen sekä käytettävät kynnsarvot aktiviteetin intensiteetin ja taajuuden perusteella.

Mittaustulosten analysoinnissa tutkittiin laskettujen aktiviteettikohtaisten kertoimen ja muiden muuttujien välisiä korrelaatioita. Analyysissa tuli esille muun muassa aktiviteetin taajuuden ja koehenkilöiden pituuden ja painon mahdolliset vaikutukset kertoimeen. Mikäli näiden tekijöiden vaikutuksia tutkittaisiin lisää, voisi olla mahdollista määrittää aktiviteettikohtaisia kertoimia tarkentavat, tekijäkohtaiset kertoimet. Tällöin askelmäärän tarkkuus voisi parantua.

Opinnäytetyön aihe oli erittäin mielenkiintoinen ja riittävän haastava. Työ tuki hyvin koulutustani ja sain soveltaa teoriassa oppimiani asioita käytännössä. Työhön varattu aika oli rajallinen ja tiukassa aikataulussa pysyminen olikin suurin haaste. Ammatillisesti antoisinta minulle työssä oli käytännön työskentelyn lisäksi koko projektin suunnittelu ja läpivienti vaihteittain onnistuneesti.

## LÄHTEET

1. Laukkanen, R. – Tossavainen, M. 1998. Kävely kuntoilumuotona. Teoksessa Ahonen, Jarmo (toim.). Alaraajojen rakenne, toiminta ja kävelykoulu. Jyväskylä: VK-Kustannus Oy.
2. Fogelholm, M. – Oja, Pekka. 2011. Terveysliikuntasuositukset. Teoksessa Fogelholm, Mikael – Vuori, Ilkka – Vasankari, Tommi (toim.). Terveysliikunta. 2., uudistettu painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.
3. Liikuntapiirakka. 2011. UKK-instituutti. Saatavissa: <http://www.ukkinstituutti.fi/liikuntapiirakka>. Hakupäivä 3.5.2011.
4. Fogelholm, M. 2011. Lihaksen energiantuotanto ja energia-aineenvaihdunta. Teoksessa Fogelholm, Mikael – Vuori, Ilkka – Vasankari, Tommi (toim.). Terveysliikunta. 2., uudistettu painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.
5. Terveysliikuntaa ja kuntoliikuntaa. 2010. UKK-instituutti. Saatavissa: [http://www.ukkinstituutti.fi/tietoa\\_terveysliikunnasta/aloittajan\\_liikuntaopas/terveysliikuntaa\\_ja\\_kuntoliikuntaa](http://www.ukkinstituutti.fi/tietoa_terveysliikunnasta/aloittajan_liikuntaopas/terveysliikuntaa_ja_kuntoliikuntaa). Hakupäivä 3.5.2011.
6. Tudor-Locke, Catrine – Johnson, D, William – Katzmarzyk, T, Peter. 2009. Accelerometer-Determined Steps per Day in US Adults. Medicine & Science in Sports & Exercise vol. 41, nro. 7. S. 1389.
7. Aittasalo, M. – Vasankari, T. 2011. Lihaksen energiantuotanto ja energia-aineenvaihdunta. Teoksessa Fogelholm, Mikael – Vuori, Ilkka – Vasankari, Tommi (toim.). Terveysliikunta. 2., uudistettu painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

8. Ahonen, J. 1998. Kävelyn perusteet. Teoksessa Ahonen, Jarmo (toim.). Alaraajojen rakenne, toiminta ja kävelykoulu. Jyväskylä: VK-Kustannus Oy.
9. Kulmala, Juha-Pekka. 2008. Kävelyn biomekaaniikka MBT-kengällä, tavallisella kengällä ja paljaalla hiekalla. Jyväskylä: Jyväskylä yliopisto, liikuntabiologian laitos. Pro gradu -tutkielma.
10. Inkinen, Pentti – Tuohi, Jukka. 2005. Momentti 1; Insinöörifysiikkaa. 3. Painos. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.
11. Fonselius, Jaakko – Laitinen, Esko – Pekkola, Kari – Sampo, Arto – Välimaa, Taisto. 1994. Anturit. 3., korjattu painos. Helsinki: Painatuskeskus Oy.
12. Hannu, Jari. 2010. Oppimateriaali: kiihtyvyyssanturit. Saatavissa: [http://www.oamk.fi/~jahannu/anturitekniikka/06\\_kiihtyvyyssanturit.pdf](http://www.oamk.fi/~jahannu/anturitekniikka/06_kiihtyvyyssanturit.pdf). Hakupäivä 29.4.2011.
13. Tilastollisia menetelmiä; Keskihajonta. 2011. Opetushallitus. Saatavissa: [http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/tilastomatikka/haj\\_5.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/tilastomatikka/haj_5.html). Hakupäivä 2.5.2011.
14. Korrelaatio ja riippuvuusluvut. 2004. KvantiMOTV. Saatavissa: <http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/korrelaatio/korrelaatio.html>. Hakupäivä 2.5.2011.
15. Correlations. 2006. Sportscience. Saatavissa: <http://www.sportsci.org/resource/stats/effectmag.html>. Hakupäivä 21.5.2011.

16. MSR145 User manual. 2008. MSR145 Datalogger käyttöohje. Saatavissa: MSR 5.12.0 – ohjelmistoon sisältyvä käyttöopas.
17. GT3X Activity Monitor. GT3X- Internet-sivut. Saatavissa: <http://www.theactigraph.com/products/gt3x/>. Hakupäivä 2.5.2011.
18. Omron Walking style III. Omron internetsivut. 2011. Saatavissa: <http://www.omaomron.fi/tuotteet?ryhma=OMRON+askelmittarit&tuote=Walking+style+III&r=60&t=18392709>. Hakupäivä 6.5.2011.

## LIITTEET

- Liite 1. MSR-datalehti (16, s. 11–12)
- Liite 2. Siivouksen mittausprotokolla
- Liite 3. Sulkapallon mittausprotokolla
- Liite 4. Salibandyn mittausprotokolla
- Liite 5. Juoksumaton mittausprotokolla
- Liite 6. Pyöräilyn mittausprotokolla
- Liite 7. Koehenkilöiden pituudet ja painot
- Liite 8. Mittauspöytäkirja (siivous)
- Liite 9. Mittaustulostenkäsittelytaulukko

.

## Specifications

- Measured parameters:**
- Temperature
  - Relative humidity with integrated Temperature
  - Pressure (e.g. altimeter, water level, barometer)
  - 3-axis acceleration (e.g. determining position)
  - 2 analog inputs (voltage range 0 to 3.0 V, 12 bit)

### Working range:

Temperature:	-10 °C to +58 °C -55 °C to +125 °C (optional with external sensor)
Humidity:	0-100 % relative Humidity, -20 °C to +65 °C
Pressure:	0-2500 mbar absolute Optional: 0-14 000 mbar absolute
Acceleration:	±10 G / ±2 G selectable

### Accuracy:

Temperature:	±0,1 °C (5 °C to 45 °C) ±0,2 °C (-10 °C to +58 °C) Options with external sensor: ±0,1 °C (5 °C to 45 °C) ±0,5 °C (0 °C to +70 °C) ±2 °C (-55 °C to +125 °C)
Humidity:	±2 % rel. humidity (10-85 % rel. humidity, 0 to 40 °C) ±4 % rel. humidity (85-95 % rel. humidity, 0 °C to 40 °C) ±0,5 °C (0 °C to 40 °C)
Pressure:	±2,5 mbar (750-1100 mbar absolute)
Acceleration:	±0,15 g (25 °C)

<b>Storage rate:</b>	Temperatur and humidity: 1/s to every 12h Pressure: 10/s to every 12h Acceleration, Analog input: 50/s to every 12h
----------------------	---

<b>Memory capacity:</b>	Over 2000 000 measurement parameters
-------------------------	--------------------------------------

<b>Push-button:</b>	Set bookmark or start and stop the record
---------------------	---

General	MSR 145S	MSR 145WS	MSR 145W
<b>Size (mm):</b>	20 x 15 x 52	20 x 15 x 61	18 x 14 x 62
<b>Weight approx.:</b>	16 g	23 g	18 g
<b>Sheath material:</b>	PC	PC	Silicon
<b>Medium:</b>	Air	Air, water	Air, water

**Power supply:**

- Rechargeable lithium polymer battery 170 mAh
- The battery is charged via the USB connection.
- One battery charge is sufficient for operation of the unit for several months (measurement rate 1 / minute)

---

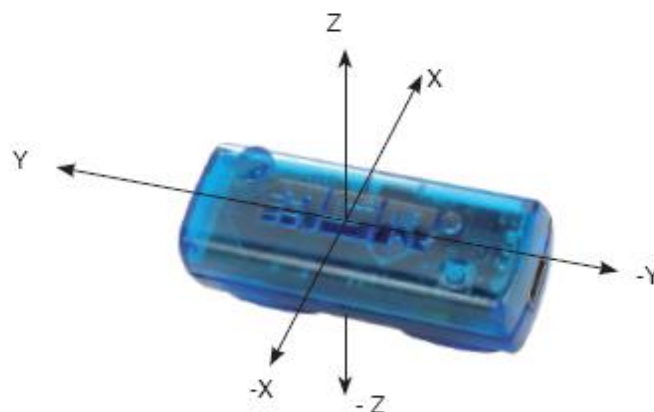
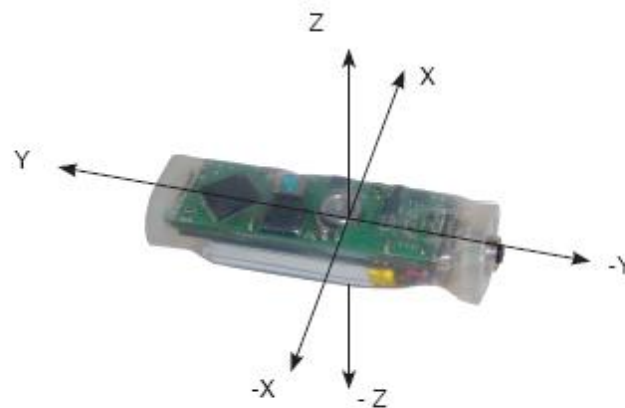
**Interface:** USB

---

**USB connection cable:** Approx. 200 cm

---

**Standards:** The MSR 145 complies with EU Directive RoHS / WEEE.  
MSR 145S: Protection Classification IP 60  
MSR 145WS: Protection Classification IP 67  
MSR 145W: Protection Classification IP 67





Tiskikoneen täyttö/tyhjennys (3 min.), imurointi (3 min.), moppaus (3 min.), pölyjen pyyhkiminen (3 min.), jokaisen suorituksen välissä tauko (3x1min.) = 15 minuuttia

1. Testihenkilö tulee mittauspaikalle
2. Testihenkilölle kerrataan tehtävä
3. Kirjataan mittauspöytäkirjaan testihenkilön tiedot
  - a. henkilön numero
  - b. käsisyys
4. Testihenkilö kirjoittaa nimensä listaan
5. Mittalaitteet testihenkilölle
6. MSR:n ja ActiGraphin mittauksen käynnistys
7. Videokamera nauhoittamaan kun 1 min. aloitusaikaan
8. Näytetään testihenkilön numero kameralle
9. Testihenkilö menee tiskikoneen viereen
10. Laitetaan OMRON –mittari päälle
11. TISKIKONEEN TÄYTTÖ JA TYHJENNYS
12. Lasketaan taukojen ja seuraavien suoritusten aloitusajat ja kirjataan pöytäkirjaan
13. Pyydetään testihenkilöä lopettamaan tiskikoneen täyttö
14. OMRON – mittarista lukema pöytäkirjaan
15. Siirretään kamera seuraavan kuvauspaikkaan
16. Pyydetään testihenkilö istumaan kunnes imurointi alkaa (n. 1 min. mahdollisimman liikkumatta)
17. IMUROIINTI
18. Pyydetään testihenkilöä lopettamaan imurointi
19. OMRON – mittarista lukema pöytäkirjaan
20. Pyydetään testihenkilö istumaan kunnes moppaus alkaa (n. 1 min. mahdollisimman liikkumatta)
21. LATTIAN LUUTTUAMINEN
22. Pyydetään testihenkilöä lopettamaan moppaus
23. OMRON – mittarista lukema pöytäkirjaan
24. Pyydetään testihenkilö istumaan kunnes pölyjen pyyhkiminen alkaa (n. 1 min. mahdollisimman liikkumatta)
25. PÖLYJEN PYYHKIMINEN
26. Pyydetään testihenkilöä lopettamaan pölyjen pyyhkiminen
27. OMRON mittarista lukema pöytäkirjaan
28. Videokameran nauhoitus pois päältä
29. Anturit pois testihenkilöltä
30. MSR:n ja ActiGraphin tietojen tallennus
31. Kiitetään testihenkilöä ja asennetaan laitteet valmiiksi seuraavaa mittausta varten

Suorituksen kesto on yhden erän kesto

1. Asetetaan MSR ja ActiGraph nauhoittamaan koko vuoron ajan
2. Kirjataan testihenkilöiden tiedot mittauspöytäkirjaan
  - a. henkilön numero
  - b. käsisyys
3. 1. testihenkilö pukee mittarit päälle
4. Nollataan OMRON mittari
5. Videokameran nauhoitus päälle
6. Kirjataan aloitusaika pöytäkirjaan
7. KOEHENKILÖ PELAA
8. Pyydetään testihenkilöä riisumaan mittarit
9. Videokameran nauhoitus pois päältä
10. Kirjataan OMRON mittarin lukema pöytäkirjaan
11. Odotetaan 1-2 minuuttia ennen kuin seuraava henkilö pukee mittarit
12. Seuraavien testihenkilöiden kanssa toimitaan kuten edellä
13. MSR:n ja ActiGraphin tietojen siirto jälkeensä

Mittauksen kesto yhden vaihdon ajan

1. Asetetaan MSR- ja ActiGraph tallentamaan koko vuoron ajan (1h)
2. Kirjataan testihenkilöiden tiedot mittauspöytäkirjaan
  - a. henkilön numero
  - b. käsisyys
3. 1. testihenkilö pukee mittarit päälle
4. Nollataan OMRON mittari
5. Videokameran nauhoitus päälle
6. näytetään kellonaika kameralle
7. näytetään testihenkilön numero kameralle
8. Kirjataan aloitusaika pöytäkirjaan
9. KOEHENKILÖ PELAA
10. Pyydetään testihenkilöä riisumaan mittarit
11. näytetään kellonaika kameralle
12. Videokameran nauhoitus pois päältä
13. Kirjataan OMRON mittarin lukema pöytäkirjaan
14. Odotetaan 1-2 minuuttia ennen kuin seuraava henkilö pukee mittarit
15. seuraavien testihenkilöiden kanssa toimitaan kuten edellä
16. MSR:n ja ActiGraphin tietojen siirto jälkeinpäin

Kävelyä (2+2 min.) ja juoksua (2+2 min.) = 8 minuuttia

1. Testihenkilö tulee mittauspaikalle
2. Testihenkilölle kerrataan tehtävä
3. Kirjataan mittauspöytäkirjaan testihenkilön tiedot
  - a. henkilön numero
  - b. kätisyys
4. Testihenkilö kirjoittaa nimensä listaan
5. Mittalaitteet kiinnitetään testihenkilölle
6. MSR:n ja ActiGraphin mittauksen käynnistys
7. Videokamera nauhoittamaan kun 1 min. aloitusaikaan
8. Näytetään testihenkilön numero kameralle
9. Näytetään referenssiaika kellosta kameralle
10. Testihenkilö siirtyy juoksumatolle
11. Haetaan ”kevyt kävely” –nopeus matolta
12. Kirjataan vauhti pöytäkirjaan
13. OMRON mittari päälle kun mittarit käynnistyvät

\*\*\*2 MINUUTTIA KÄVELYÄ\*\*\*

14. Nostetaan maton nopeutta ”reipas kävely” –nopeuteen
15. Kirjataan nopeus pöytäkirjaan (seuraavien nopeuksien aloitusajat pöytäkirjaan)

\*\*\*2 MINUUTTIA KÄVELYÄ\*\*\*

16. Kirjataan OMRON –mittarin lukema pöytäkirjaan
17. Nostetaan maton nopeutta ”kevyt hölkkä” –nopeuteen

\*\*\*2 MINUUTTIA JUOKSUA\*\*\*

18. Nostetaan maton nopeutta ”reipas hölkkä” –nopeuteen
19. Kirjataan nopeus pöytäkirjaan

\*\*\*2 MINUUTTIA JUOKSUA\*\*\*

20. Kirjataan OMRON –mittarin lukema pöytäkirjaan
21. Pysäytetään juoksumatto
22. Videokameran nauhoitus pois päältä
23. Anturit pois testihenkilöltä
24. MSR:n ja ActiGraphin tietojen siirto tietokoneelle
25. Kiitetään testihenkilöä ja asennetaan laitteet valmiiksi seuraavaa mittausta varten.

Suorituksen kesto on reitillä kulutettu aika

14. Asetetaan MSR ja ActiGraph nauhoittamaan koko mittauslaisuuden ajan
15. Koehenkilö tulee mittauspaikalle
16. Kirjataan testihenkilöiden tiedot mittauspöytäkirjaan
  - a. henkilön numero
  - b. käsisyys
17. testihenkilö pukee mittarit päälle
18. Säädetään pyörän istuin
19. Nollataan OMRON mittari
20. Kirjataan aloitusaika pöytäkirjaan
21. KOEHENKILÖ LÄHTEE PYÖRÄILEMÄÄN
22. Kirjataan paluuaika pöytäkirjaan
23. Kirjataan nopeudet pöytäkirjaan
24. Kirjataan OMRON mittarin lukema pöytäkirjaan
25. Seuraavien testihenkilöiden kanssa toimitaan kuten edellä
26. MSR:n ja ActiGraphin tietojen siirto jälkeinpäin

nro	sukupuoli	pituus/cm	paino/kg
1	Mies		
2	Mies	180	98
3	Mies	196	90
4	Mies		
5	Mies	180	79
6	Mies	170	66
7	Nainen	167	68
8	Mies	182.5	81.4
9	Mies	185	143
10	Nainen		
11	Mies	190	93
12	Nainen	168	55
13	Nainen	157	54
14	Nainen	166	67
15	Mies	177	91
16	Mies	167	73
17	Mies		
18	Mies	170	72
19	Mies	173	67
20	Mies	175	82
21	Mies	183	80
22	Mies	172	90
23	Mies	175	72
24	Nainen	158	48
25	Mies	186	86
26	Mies	178	78
27	Mies	178	84
28	Mies	173	86
29	Nainen	179	76
30	Mies	178	93
31	Nainen		
32	Mies	173	74
33	Nainen	160	53
34	Mies	171	62
35	Mies	179	76
36	Mies		
37	Mies	174	75
38	Mies	188	82

pvä .	Henkilö nro.	Heikompi käsi (anturi kiinni)	Aktiviteetti i	Alkuaik a	Loppua ika	Maton nopeus km/h	askel määrä (OMRON)	Huomioitavaa
15.2	Esim. 1	Oikea/vase n	Kävely 1	14:00	14:02	2	400	Tämä on esimerkki
			Kävely 2	14:02	14:04	3.5		
			Juoksu 1	14:04	14:06	7.2	1130	
			Juoksu 2	14:06	14:08	10.3		
		Oikea/vase n	Kävely 1					
			Kävely 2					
			Juoksu 1					
			Juoksu 2					
		Oikea/vase n	Kävely 1					
			Kävely 2					
			Juoksu 1					
			Juoksu 2					
		Oikea/vase n	Kävely 1					
			Kävely 2					
			Juoksu 1					
			Juoksu 2					
		Oikea/vase n	Kävely 1					
			Kävely 2					
			Juoksu 1					
			Juoksu 2					

# SALIBANDYMITTAUSTEN MITTAUSTULOKSET

Päämäärä	Suorittaja	Aktiviteetti	Aloitusaika	Lopetusaika	Kokonaisaika	laskettu	OMRON	ActiGraph	Wrist	Wrist+regular	Wrist+freq	Factor	Kuven ulkopuolella	OMRON-F	Pitus	Paino
1.3.		1 salibandy	16:09:35	16:15:25	00:05:50	735	763	625	274	0	46:97	2.68	15	0.96	171	62
1.3.		2 salibandy	16:19:20	16:21:32	00:02:12	340	309	502	128	0.2	58:18	2.66	20	1.10	170	72
1.3.		3 salibandy	16:25:50	16:32:19	00:06:29	819	766	567	288	0	44:42	2.84	40	1.07	186	86
8.3.		3_20tos salibandy	16:42:21	16:52:11	00:09:50	1087	996	799	419	0	42:61	2.59	10	1.09	186	86
1.3.		4 salibandy	16:36:21	16:40:33	00:04:12	482	533	413	178	0	42:38	2.71	0	0.90	196	90
1.3.		5 salibandy	16:43:00	16:47:35	00:04:35	638	581	522	221	0	48:22	2.89	0	1.10	183	80
1.3.		6 salibandy	16:52:52	16:56:40	00:03:48	452	457	372	172	0	45:26	2.63	0	0.99	180	98
8.3.		7 salibandy	16:09:20	16:22:20	00:13:00	1615	1486	1331	622	0.1154	47:35	2.60	10	1.09	174	75
8.3.		8 salibandy	16:42:21	16:52:11	00:09:50	728	783	656	320	0	32:54	2.28	15	0.93		
									avg,reg=	0.0350	AVG=	2.65	AVG(omron)	1.03		
									avg,freq=	45.38	STDEV=	0.18	STDEV(omron)	0.08		
Factorin testaus ja vertailu																
laskettu	wrist*avg,fac		Erutus		Erutus %		abs %		Erutuksen		Erutus ActiGraph		Wrist vs		Wrist vs	
	tor	Erutus	Erutus %	abs %	Erutus OMRON	Itsearvio	ero %	3.8	-110	110	15.0	Wrist	Wrist	ActiGraph		
	735	727	-8	-1%	1%	28	28	3.8	-110	110	15.0	Wrist	Wrist			
	340	339	-1	0%	0%	31	31	9.1	162	162	47.6	Wrist	Wrist			
	819	764	-55	-7%	7%	53	53	6.5	-252	252	30.8	OMRON	Wrist			
	1087	1111	24	2%	2%	91	91	8.4	-288	288	26.5	Wrist	Wrist			
	482	472	-10	-2%	2%	51	51	10.6	-69	69	14.3	Wrist	Wrist			
	638	586	-52	-9%	9%	57	57	8.9	-116	116	18.2	Wrist	Wrist			
	452	456	4	1%	1%	5	5	1.1	-80	80	17.7	Wrist	Wrist			
	1615	1650	35	2%	2%	129	129	8.0	-284	284	17.6	Wrist	Wrist			
	728	849	121	14%	14%	55	55	7.6	-72	72	9.9	OMRON	ActiGraph			
			avg=	4%		avg=		7.1			21.9					